

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÖKSE OTU YAPRAKLARINI KURUTMA VE KURU
YAPRAKLARIN DEPOLANMASINDA BAZI BİYOAKTİF
BİLEŞENLERİN DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JÜLİDE GAMZE YAZAR

DENİZLİ, 2022

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÖKSE OTU YAPRAKLARINI KURUTMA VE KURU
YAPRAKLARIN DEPOLANMASINDA BAZI BİYOAKTİF
BİLEŞENLERİN DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JÜLİDE GAMZE YAZAR

DENİZLİ, 2022

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (PAU-BAP) tarafından 2020FEBE055 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Jülide Gamze YAZAR

ÖZET

ÖKSE OTU YAPRAKLARINI KURUTMA VE KURU YAPRAKLARIN DEPOLANMASINDA BAZI BİYOAKTİF BİLEŞENLERİN DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JÜLİDE GAMZE YAZAR

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. ENGİN DEMİRAY)

DENİZLİ, 2022

Bu çalışmada, sağlığa birçok faydası olan *Viscum Album L.* kondüksiyonla ısı transferi sağlayan bir kurutucuyla kurutulmuştur ve kuruma karakteristiklerine ve bazı biyoaktif bileşenlerine etkisi belirlenmiştir. Kurutma parametresi olarak 50-60-70°C sıcaklıklar seçilmiştir. Literatürde bulunan tek tabaka kurutma modelleri içerisinden beş model (Modifiye Page model, Page model, Henderson ve Pabis model, Lewis model ve Logaritmik model) uygulanmıştır. Uygulanan bu modeller içerisinden kondüksiyon tipi kurutucu da çalışılan her sıcaklık için ökse otu bitkisinin yapraklarının kuruma davranışını en iyi ifade eden model en düşük χ^2 ve en yüksek R^2 değerini veren Page ve Modifiye Page model olduğu bulunmuştur. Kurutma sıcaklıklarına bağlı olarak biyoaktif bileşen içerikleri incelenmiş ve sıcaklık arttıkça biyoaktif bileşen içeriklerinin degradasyon hızının arttığı gözlemlenmiştir. Depolama da en uygun kurutma koşulu olan 60°C’de ökse otu yaprakları kurutulmuş ve bu şartlarda kurutulan ökse otu yaprakları normal atmosfer havasıyla (AP), modifiye atmosfer paketleme tekniği ile (MAP1 ve MAP2) paketlenerek depolanmıştır. Bu depolama sırasında yapılan analizlerde depolama süresi arttıkça biyoaktif bileşen içeriklerinde azalma görülmüştür. Kurutulmuş ökse otu yapraklarının TPC, TAA ve AAC gibi biyoaktif bileşikleri, 4° ve 25°C sıcaklıklarda depolama sırasında takip edilmiştir ve yüksek sıcaklıklarda kayıplara uğradığı görülmüştür. Kurutulmuş ökse otu yapraklarında, en yüksek biyoaktif bileşenlerin görüldüğü sıcaklık düşük sıcaklıkta paketlenmiş olan ökse otu yapraklarında olduğu görülmüştür. Normal atmosfer havasıyla paketlenen (AP) kuru ökse otu yapraklarındaki TPC, TAA ve AAC kaybını ifade reaksiyon hızı, modifiye atmosfer paketleme tekniği ile paketlenmiş (MAP1 ve MAP2) örneklerindeki daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu yüzden kuru ökse otu yapraklarının paketlenmesinde normal atmosfer havası yerine modifiye atmosfer havasının tercih edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Kurutma kinetiği, Biyoaktif Bileşen, Kurutma, *Viscum album*, Modelleme

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOME BIOACTIVE COMPONENTS IN DRYING AND STORING THE DRY LEAVES

MSC THESIS

JÜLİDE GAMZE YAZAR

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR:DOÇ. DR. ENGİN DEMİRAY)METİN GİRMEK İÇİN
BURAYI TIKLATIN.
DENİZLİ, 2022

In this study, *Viscum Album L.*, which has many health benefits, was dried with a conductive heat transfer dryer and its effect on drying characteristics and some bioactive components was determined. Temperatures of 50-60-70°C were chosen as the drying parameter. Five models (Modified Page model, Page model, Henderson and Pabis model, Lewis model and Logarithmic model) were applied among the single layer drying models in the literature. Among these models, it was found that the model that best expresses the drying behavior of the leaves of the mistletoe plant for each temperature worked in the conduction dryer is the Page and Modified Page model, which gives the lowest χ^2 and the highest R² value. Bioactive component contents were examined depending on drying temperatures and it was observed that the degradation rate of bioactive component contents increased as the temperature increased. Mistletoe leaves were dried at 60°C, which is the most suitable drying condition for storage, and mistletoe leaves dried under these conditions were packaged with normal atmospheric air (AP) and modified atmosphere packaging technique (MAP1 and MAP2). In the analyzes made during this storage, it was observed that the bioactive component contents decreased as the storage time increased. Bioactive compounds such as TPC, TAA and AAC of dried mistletoe leaves were monitored during storage at 4° and 25°C and it was observed that they were lost at high temperatures. In dried mistletoe leaves, the temperature at which the highest bioactive components were seen was in mistletoe leaves packaged at low temperature. The reaction rate expressing loss of TPC, TAA and AAC in dry mistletoe leaves packaged with normal atmospheric air (AP) occurs faster than that in samples packaged with modified atmosphere packaging (MAP1 and MAP2). Therefore, it is thought that it would be appropriate to prefer modified atmospheric air instead of normal atmospheric air in the packaging of dry mistletoe leaves.

KEYWORDS: Drying kinetics, Bioactive Ingredient, Drying, *Viscum album*, Modeling

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÖKSE OTU HAKKINDA GENEL BİLGİLER	3
2.1 Ökse Otuunun Tarihçesi ve Adlandırılması	3
2.2 Ökse Otuunun Bulunduğu Yerler ve Özellikleri	3
2.3 Ökse Otuunun Sağlık Açısından Önemi.....	5
3. GIDALARIN KURUTULMASI	8
3.1 Gıdaların Kurutulmasının Tarihçesi	8
3.2 Gıda Kurutma Yöntemleri.....	9
3.2.1 Doğal kurutma	9
3.2.2 Yapay Kurutma.....	10
3.3 Gıdalarda Kurutmanın Temel Aşamaları	12
3.4 Kuruma Hızını Etkileyen Faktörler	13
3.4.1 Sıcaklık	13
3.4.2 Kurutma Hava Hızı	14
3.4.3 Havanın nemi	14
3.4.4 Gıdanın Özellikleri	14
3.5 Gıdaların Kurutulması Esnasında Meydana Gelen Değişimler.....	15
3.5.1 Fiziksel değişimler	15
3.5.2 Kimyasal değişimler	16
3.5.3 Biyokimyasal değişimler	17
3.5.4 Mikrobiyolojik değişimler	18
3.6 Gıdaların Kurutulması ile ilgili çalışmalar	18
3.7 Ökse otunun Kurutulması ile ilgili çalışmalar.....	22
3.8 Ökse otundan biyoaktif bileşenler	24
3.8.1 Antioksidanlar.....	24
3.8.1.1 Antioksidan Aktivite Ölçüm Yöntemleri.....	25
3.8.2 Askorbik Asit (C vitamini)	25
3.8.3 Fenolik Bileşikler.....	26
4. PAKETLEME/AMBALAJLAMA TEKNİKLERİ	27
4.1 Modifiye Atmosferde Paketleme (MAP) İşlemi	27
4.1.1 Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Uygulamalarında Kullanılan Gazlar	28
5. MATERYAL VE YÖNTEM	30
5.1 Materyal.....	30
5.1.1 Kurutma Denemelerinde Kullanılan Ökse Otu Yaprakları.....	30
5.2 Denemelerde Kullanılan Makine Ekipmanlar ve Ölçüm Cihazları....	31
5.2.1 Denemelerde Kullanılan Makine Ekipmanlar	31
5.2.1.1 Kondüksiyon Tipi Kurutucu (Etüv)	31
5.2.1.2 Test Kabini	32
5.2.1.3 Denemelerde Kullanılan Ölçüm Cihazları	34

5.3	Metot	36
5.3.1	Etüvde Ökse Otu Yaprağı Kurutma	36
5.3.1.1	Kurutulmuş ökse otu yapraklarının depolanması	38
5.3.2	Analiz Yöntemleri	40
5.3.2.1	Toplam Kuru Madde İçeriklerinin Belirlenmesi	40
5.3.2.2	Renk Değerlerinin Belirlenmesi	40
5.3.2.3	Su Aktivitesi Tayini	41
5.3.2.4	Biyoaktif Bileşen Madde Analizleri	42
5.3.2.4.1	Askorbik Asit Miktarının Belirlenmesi	42
	Ekstraksiyon	42
5.3.2.4.2	Antioksidan (DPPH) Analizi	44
	Ekstraksiyon	44
5.3.2.4.3	Toplam Fenolik Madde Analizi	46
5.4	Hesaplamalar	48
5.4.1	Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Hesaplamalar 48	
5.4.1.1	Nem İçeriğinin Hesaplanması	48
5.4.1.2	Kuruma Hızının Hesaplanması	48
5.4.1.3	Nem Oranının Hesaplanması	49
5.5	Modelleme Çalışmaları	49
5.5.1	Kuruma Kinetiğine Ait Modelleme Çalışmaları	49
5.5.1.1	Page Model	49
5.5.1.2	Henderson ve Pabis Model	50
5.5.1.3	Lewis Model	50
5.5.1.4	Logaritmik Model	50
5.5.2	Biyoaktif Bileşen Maddelerin Değişimlerinin İncelenmesi İçin Yapılan Modelleme Çalışmaları	51
5.5.2.1	Sıfırıncı Dereceden Kinetik Model	51
5.5.2.2	Birinci Dereceden Kinetik Model	51
5.5.2.3	İkinci Dereceden Kinetik Model	52
5.5.3	Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması	52
5.5.4	Q ₁₀ Değerinin Hesaplanması	53
5.5.5	Yarı Ömür Süresinin Hesaplanması	54
5.6	Regresyon Analizleri	54
5.7	İstatiksel Analizler	54
6.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	56
6.1	Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulması Üzerindeki Etkisi	56
6.1.1	Nem içeriği değişimi	56
6.1.2	Kuruma hızı değişimi	57
6.2	Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulmasında Renk Değişimi Üzerindeki Etkisi	64
6.3	Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulmasında Su Aktivitesi Değişimi Üzerindeki Etkisi	65
6.4	Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulmasında Toplam Antioksidan Miktarındaki Değişimler Üzerine Etkisi	65
6.5	Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulmasında Toplam Fenolik Madde Miktarındaki Değişimler Üzerine Etkisi	68
6.6	Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulmasında Askorbik Asit Miktarındaki Değişimler Üzerine Etkisi	70
6.7	Depolama Sonuçları	75
6.7.1	Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Renk Değişimi Üzerindeki Etkisi	75

6.7.2	Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Su Aktivitesi Üzerindeki Etkisi	78
6.7.3	Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerindeki Etkisi	80
6.7.4	Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Fenolik Madde Değeri Üzerindeki Etkisi.....	81
6.7.5	Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Askorbik Asit Değeri Üzerindeki Etkisi	83
6.8	Ökse Otu Yaprağında Biyoaktif Bileşenlerin Reaksiyon Derecesinin Belirlenmesi.....	84
7.	SONUÇ	90
8.	KAYNAKLAR	92
9.	EKLER	102
	EK A 102	
	Tablo A 1: 50°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulmasına ait deneysel veriler.....	102
	Tablo A 2: 60°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulmasına ait deneysel veriler.....	103
	Tablo A 3: 60°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulmasına ait deneysel veriler.....	103
	Tablo A 4: 50° C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulması sırasında su aktivitesi değerlerinin değişimine ait deneysel veriler	103
	Tablo A 5: 60°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulması sırasında su aktivitesi değerlerinin değişimine ait deneysel veriler	104
	Tablo A 6: 70°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulması sırasında su aktivitesi değerlerinin değişimine ait deneysel veriler	104
10.	ÖZGEÇMİŞ	105

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: (a) <i>Viscum album</i> L. Subsp. <i>Album</i> (b) <i>Viscum album</i> L. Ssp. <i>Abietis</i> (c) <i>Viscum album</i> L. Ssp. <i>Austriacum</i>	4
Şekil 3.1: Gıdaların kuruma eğrisi (Demiray, 2015).	13
Şekil 5.1: Ağaç üzerindeki ökse otları	30
Şekil 5.2: Temin edilen ökse otu yaprakları	31
Şekil 5.3: Etüvün genel görünümü	32
Şekil 5.4: Test kabinin genel görünümü	33
Şekil 5.5: Tepsilerin tartıldığı terazi	34
Şekil 5.6: Su aktivitesi ölçüm cihazı	35
Şekil 5.7: Renk ölçüm cihazı	35
Şekil 5.8: Etüvde ökse otu yaprağı kurutma işlem planı	36
Şekil 5.9: Kurutma tepsisine tek tabaka halinde dizilmiş ökse otu yaprakları .	37
Şekil 5.10: Kurutulmuş ökse otu yaprakları	37
Şekil 5.11: (a) Vakum cihazı (b) Cihazın gaz tüpleri	38
Şekil 5.12: Kurutulmuş ökse otu yapraklarının paketlenmiş hali.....	39
Şekil 5.13: Paketlenmiş ökse otu yapraklarının test kabinine yerleştirilmiş hali	39
Şekil 5.14: Renklere ait Hue açısı değerleri	41
Şekil 5.15: Öğütülmüş ökse otları	42
Şekil 5.16: HPLC cihazı	43
Şekil 5.17: Askorbik asit standart eğrisi	44
Şekil 5.18: Ekstrakte edilmiş süpernatant toplanmamış ökse otu yaprağı.....	45
Şekil 5.19: Ekstraksiyon üzerine DPPH eklenerek karanlıkta bekletilen örnekler	45
Şekil 5.20: Spektrofotometre	46
Şekil 5.21: Troloks standart eğrisi	46
Şekil 5.22: Ekstraksiyon üzerine Folin ve Sodyum karbonat eklenerek karanlıkta bekletilen örnekler	47
Şekil 5.23: Toplam fenolik madde için gallik asit standart eğrisi	47
Şekil 5.24: Arrhenius grafiği	53
Şekil 6.1: Farklı sıcaklık değerlerinde kurutulan ökse otu örneklerine ait nem içeriği değerlerinin kuruma süresince değişimi	57
Şekil 6.2: Farklı sıcaklık değerlerinde ökse otu yapraklarına ait kuruma hızı değerlerinin nem içeriği ile değişimi.....	58
Şekil 6.3a: 50°C kurutma ortamına ait deneysel nem oranları ile Page ve Modifiye Page modelden elde edilen nem oranlarının zamana göre değişimi	61
Şekil 6.4: Kondüktif kurutma ile kurutulan ökse otu yapraklarına ait <i>toplam</i> <i>antioksidan aktivite</i> içeriğinin kuruma zamanı ile değişiminin ikinci dereceden kinetik modele uygunluğu.....	68
Şekil 6.5: Kondüktif kurutma ile kurutulan ökse otu yapraklarına ait toplam fenolik madde içeriğinin kuruma zamanı ile değişiminin birinci dereceden kinetik modele uygunluğu.....	70
Şekil 6.6: Kondüktif kurutma ile kurutulan ökse otu yapraklarına ait <i>Askorbik asit</i> içeriğinin kuruma zamanı ile değişiminin ikinci dereceden kinetik modele uygunluğu	72
Şekil 6.7: 4°C Ökse otu yaprağı depolamasında toplam antioksidan aktivite değeri üzerindeki değişiminin sıfırıncı dereceden kinetik modeli	86

- Şekil 6.8:** 25°C Ökse otu yaprağı depolamasında toplam fenolik madde değeri üzerindeki değişiminin ikinci dereceden kinetik modeli..... 86
- Şekil 6. 9:** 25°C Ökse otu yaprağı depolamasında toplam antioksidan aktivite değeri üzerindeki değişiminin a: sıfırıncı dereceden kinetik modeli, b: birinci dereceden kinetik modeli 87

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1: Etüvün teknik özellikleri.....	32
Tablo 5.2: Test kabinin teknik özellikleri	33
Tablo 6.1: Farklı sıcaklıklardaki ökse otu yaprağı kuruma süreleri.....	56
Tablo 6.2: Farklı sıcaklık değerlerinde kurutulmuş ökse otu yapraklarından elde edilen deneysel sonuçların doğrusal olmayan regresyon analizi ile teorik modellere uyumunun incelenmesi	60
Tablo 6.3: Taze ökse otu yapraklarının ve etüvde farklı sıcaklıklarda kurutulmuş ökse otu yapraklarında renk değerleri	64
Tablo 6.4: Kurutulmuş ökse otu yapraklarının su aktivitesi değerleri	65
Tablo 6.5: 50°C sıcaklıkta kondüksiyon ile kurutma işleminde toplam antioksidan değişimine yönelik sonuçlar.....	66
Tablo 6.6: 60°C sıcaklıkta kondüksiyon ile kurutma işleminde toplam antioksidan değişimine yönelik sonuçlar.....	66
Tablo 6.7: 70°C sıcaklıkta kondüksiyon ile kurutma işleminde toplam antioksidan değişimine yönelik sonuçlar.....	67
Tablo 6.8: Taze ökse otu yaprakları ve kurutulmuş ökse otu yapraklarındaki, antioksidan aktivite değerleri	67
Tablo 6.9: Taze ökse otu yaprakları ve kurutulmuş ökse otu yapraklarındaki, toplam fenol madde miktar değerleri	69
Tablo 6.10: Taze ökse otu yaprakları ve kurutulmuş ökse otu yapraklarındaki, toplam askorbik asit değerleri	71
Tablo 6.11: Farklı kurutma sıcaklıklarında Toplam <i>antioksidan aktivite (TAA)</i> , <i>Toplam fenolik içerik (TPC)</i> ve <i>Askorbik asit içeriği (AAC)</i> için sıfır, birinci ve ikinci dereceden modellerin kinetik parametreleri*.....	73
Tablo 6.12: Kinetik parametrelerin ^a farklı sıcaklıklarda kurutulmuş ökse otu yapraklarının <i>Toplam antioksidan aktivitesi (TAA)</i> , <i>Toplam fenolik içeriği (TPC)</i> ve <i>Askorbik asit içeriği (AAC)</i>	74
Tablo 6.13: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında L* değerleri değişimi.....	76
Tablo 6.14: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında a* değerleri değişimi.....	76
Tablo 6.15: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında b*değerleri değişimi.....	77
Tablo 6.16: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında su aktivitesi değerleri değişimi	79
Tablo 6.17: Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerindeki Etkisi.....	81
Tablo 6.18: Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Fenolik Madde Değeri Üzerindeki Etkisi	83
Tablo 6.19: Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Askorbik Asit Değeri Üzerindeki Etkisi.....	83
Tablo 6.20: 4°C’de farklı depolama koşullarında sıcaklıklarında Toplam antioksidan aktivite (TAA), Toplam fenolik madde içeriği (TPC) ve Askorbik asit içeriği (AAC) için sıfır, birinci ve ikinci dereceden modellerin kinetik parametreleri*	88
Tablo 6.21: 25°C’de farklı depolama koşullarında sıcaklıklarında Toplam antioksidan aktivite (TAA), Toplam fenolik madde içeriği (TPC) ve	

Askorbik asit içeriği (AAC) için sıfır, birinci ve ikinci dereceden modellerin kinetik parametreleri*	89
---	----

SEMBOL LİSTESİ

HPLC	:	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
g	:	Gram
µg	:	Mikrogram
mg	:	Miligram
L	:	Litre
ml	:	Mililitre
µl	:	Mikrolitre
mm	:	Milimetre
nm	:	Nanometre
dk	:	Dakika
KM	:	Kuru madde
SÇKM	:	Suda çözünebilir kuru madde
YA	:	Yaş ağırlık
T	:	Mutlak Sıcaklık
C	:	Konsatrasyon
R	:	Gaz Sabiti
t	:	Süre
Rpm	:	Dakikada dönüş sayısı
GAE	:	Gallik asit eşdeğeri
DPPH	:	2.2 diphenyl-1-picrylhydrazyl
TE	:	Troloks eşdeğeri
RMSE	:	Root mean square error, karekök ortalamasının hatası
χ^2	:	ki-kare
R^2	:	Determinasyon katsayısı
k	:	Reaksiyon Hız Sabiti
E_a	:	Aktivasyon Enerjisi
Q₁₀	:	10 °C'lik sıcaklık artışının reaksiyon hız sabitine etkisi
t_{1/2}	:	Yarılanma süresi
ΔE	:	Toplam renk değişimi
MR	:	Nem Oranı
m	:	Örnek ağırlığı
M₀	:	Başlangıçtaki nem içeriği
M_e	:	Denge anındaki nem içeriği
M_t	:	Herhangi bir t anındaki nem içeriği
RH	:	Bağıl nem

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca araştırma konusunun belirlenme aşamasından araştırma bulgularının elde edilmesine kadar her aşamada her daim yanımda bulunan yardımlarını, desteğini, bilgisini, görüş ve önerilerini hiçbir zaman benden esirgemeyen çok değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Engin DEMİRAY'a,

Tez çalışması sırasında bilgi ve görüşlerini benden esirgemeyen Kimya bölümü hocamız Doç. Dr. Ayşen HÖL'e

Yaptığım çalışmalar sırasında görüş ve bilgilerinden yararlandığım Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Yahya TÜLEK'e, bana her konuda yardımcı olan bölümümüzün tüm öğretim üyelerine,

Tez çalışmam süresince her daim yanımda olan ve destek veren arkadaşlarıma,

Bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bana her zaman destek olan, güç veren annem Nuran YAZAR'a ve babam Soner YAZAR'a,

Bu çalışma projesini maddi olarak destekleyen "Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne",

Ve emeği geçen herkese,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Dünyamız üzerinde barındırdığı zengin kaynaklar sayesinde insanlığa fayda sağlamaktadır. Bu zengin kaynaklar düşünüldüğü zaman en başında bitkiler gelmektedir. Bitkiler içerdikleri vitamin, mineral ve diğer bileşenler sayesinde hayatımızın önemli bir kısmında yer edinmektedir. Kullanım alanlarına bakıldığı zaman sadece tüketim ve doğal ilaç yapımları dışında sentetik ilaçların bile içeriğinde bitkisel kökenli maddeler üretilip kullanılmaktadır (Köse, 2008).

Bitkiler farklı yollarla besin, su ve mineral ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. Yaşam döngülerinin bir kısmında ya da tamamında bu ihtiyaçlarını özelleşmiş organlarını kullanarak başka bir canlı üzerinden karşılamalarına parazitlik denir. Parazit bitkilerin zaman içinde ihtiyaçlarına göre bazı vejetatif organları değişime uğramıştır. Bu değişimde yaprakları küçülmüş, kökleri kaybolmuştur. Kaybolan bu köklerin yerine gelişmiş olan emeç yapılarına haustoryum adı verilmiştir. Bu tür değişimlere uğrayan bitkilerin belli bir kısmında klorofil yapıları kaybolduğu için fotosentez yetenekleri ortadan kalkmıştır (Sürmen ve diğ., 2014). Parazit bitkiler konakçılarından karşıladıkları maddelere bağlı olarak tam parazit ve yarı parazit bitkiler olmak üzere iki başlığa ayrılırlar. Tam parazit bitkiler yaşamları boyunca her zaman bir konukçuya ihtiyaç duyarlar. Bu bitkiler yaprak ve klorofillerini tamamen kaybetmiş olup tüm besin ve mineral madde ihtiyaçlarını bağımlı oldukları bitkiden karşılamaktadırlar. Bu parazitler konukçularına ciddi zararlar verirken, konukçuları olmadan da yaşayamazlar. Yarı parazit bitkiler ise yaşam döngülerini tamamlamak için gereksinim duydukları su ve mineral madde ihtiyaçlarını konukçusundan karşılarken besin maddelerini kendi üretebilen parazitlerdir (Sürmen ve diğ., 2014). Bu yarı parazit grup da yer alan bitkilerden biri de Santatales takımının Viscacea (Loranthaceae) familyasında bulunan ökse otu bitkisi *Viscum album* L. olarak adlandırılmıştır.

Gıdaların muhafaza edilmesinde birçok yöntem bulunmaktadır. Gıdaların muhafazasında kullanılmakta olan bu yöntemlerin temel amacı mikroorganizmaların ve enzimlerin aktivitesinin yavaşlatılması veya durdurulmasıdır. Gıda muhafaza metotları arasında kurutmanın yeri ayrıdır. Kurutma; gıdalarda bozulmaya sebep olan suyun

uçurularak uzaklaştırılması ile gıdanın raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır. Kullanılan kurutma metodu ile ürüne sadece dayanıklılık kazandırmakla kalınmamakta ürünün kuru maddesinde ve besin değerlerinde artış gibi sebeplerle diğer metodlara göre avantaj sağlamaktadır. Kurutma işlemi diğer muhafaza metodlarıyla kıyaslandığı zaman ürünün raf ömrü daha uzun olmaktadır ve üretimi daha düşük maliyetli olmasından dolayı tercih edilmekte olan bir saklama yöntemidir.

Bu çalışmada, kurutma işlemine uygun olduğu bilinen Santatales takımının Viscacea (Loranthaceae) familyasında yer almakta olan *Viscum album* L. yani kse otu bitkisinin kondüksiyonla ısı transferi sağlayan bir kurutucuyla kurutulması ve kuruma karakteristiklerine ve bazı biyoaktif bileşenlerine etkisinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca incelenen biyoaktif bileşenlerin kurutma süresine ait değişimleri ifade eden kinetik modellerin tanımlanması ve reaksiyon hız sabiti, yarı ömür süresi ($t_{1/2}$), Q_{10} gibi kinetik parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda su aktivitesi değerleri ve renkte meydana gelen değişimler belirlenerek bu değişimlere ait olan kinetik modellerin ve parametrelerin tanımlanması amaçlanmıştır. Belirlenen uygun koşulda üç farklı gaz içeriğinde paketleme yapılarak altı aylık depolama sürecindeki biyoaktif bileşen, renk ve su aktivitesi değişimleri belirlenecektir. Ayrıca kurutma koşulları göz önünde bulunarak kuruma davranışları belirlenecek ve literatürde tanımlanmış olarak bulunan farklı teorik modeller içerisinden deneysel çalışma sonuçlarına en iyi uyumu sağlayan kurutma modelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖKSE OTU HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 Ökse Otunun Tarihçesi ve Adlandırılması

Ökse otu olarak bilinen *Viscum album* L. ilk olarak M.Ö. 305 yılında Yunanlı botanikçi Theophrastus tarafından bulunmuş ve parazitik bir bitki olarak ifade edilmiştir. 18. yüzyılda ise ökse otunu Carl Unnaeus bir Avrupa türü olarak tanımlamış ve *Viscum album* olarak ifade etmiştir (Turan, 2016). Bitkiye *Viscum album* isminin verilme nedeni Latince anlamı olarak meyvelerinin beyaz renkli yapışkan ve viskoz özelliği olmasından dolayıdır (Ergun ve diğ., 1994).

Viscum album'un meyvelerinde yapışkan bir madde bulunmaktadır ve bu yapışkan madde vissin olarak bilinmektedir. Bitkiye Türkçe olarak "ökse otu" isminin verilmesinin sebebi ise vissin denilen yapışkan maddenin küçük kuşları yakalamak için tahta çubuklar üzerine sürülerek ökse yapımında kullanılmasından kaynaklıdır (Üstüner, 2015).

Ökse otu ülkemizin çeşitli yerlerinde farklı yöresel isimler ile bilinmektedir. Ökse otunun yöresel olarak bilinen bazı isimleri; burç, çekem otu, gevele, gökçe, çampir, yapışkan otu, gövelek ve güvelek (Yüksel ve diğ., 2005). Bitkiye diğer dillerde aşağıdaki isimler verilmektedir. Almanca: Mistel, Affolter, Heilig_Kreuzholz, Künst, Marantacken, Vogelleim⁴, Wintergrün. Fransızca: Gui, Blondeu, Bois de la Sainte-Croix, Bouchon, Gillon, Verquet- vert de Pommier. İngilizce: Mistletoe, Masslin, All-heal. İspanyolca: Muerdago, Visco commun, Almuerdago, Alfueyo, Liga de Europa. İtalyanca: Vischio, Guaastrice, Veschiago, Visco, Scoaggine (Ergun ve diğ., 1994).

2.2 Ökse Otunun Bulunduğu Yerler ve Özellikleri

Ökse otlarının dünya üzerinde tropikal ve ılıman bölgelerde olmak üzere toplamda 36 cins ve 1400 kadar türü olduğu bilinmektedir. Ökse otu dünya üzerinde yayılmasına bakıldığı zaman Kuzey Avrupa'dan Kuzeybatı Afrika'ya; Avrupa'dan Doğuya, Güneybatı ve Orta Asya'dan Japonya'ya kadar geniş bir coğrafyaya yayılmış durumda ve elma, armut, çam ağacı gibi farklı ağaç türlerinde bulunabilmektedir. Türkiye üzerinde

ökse otunun dağılımına bakıldığı zaman geniş bir alanda yayılım göstermekte ve hemen hemen bütün bölgelerde bulunabilmektedir (Yüksel ve diğ., 2005). Türkiye'nin kuzey ve kuzeybatısında, 300-2000 metre yükseltilerde çeşitli ağaçlar üzerinde bulunur (Eminağaoğlu, 2014). *Viscum* türleri çok yıllık bitkiler olarak bilinmektedir. Ökse otunun üzerinde bulunduğu konukçularına bağlı olarak 9-40 yıl arasında yaşam süreçleri değişmektedir. Dört mevsim yeşil olan bu yarı parazit bitkiler özellikle çam, elma, armut, badem ve söğüt gibi ağaçların üzerinde yetişmektedirler (Üstüner, 2015).

Viscum album L. bitkisinin konakçıya göre üç alt türü vardır (Şekil 2.1). Bunlar;

- 1) Çift çenekli ağaçlar üzerinde yetişmekte olan *Viscum album* L. *Subsp. Album*
- 2) Gökmar türleri üzerinde bulunan *Viscum album* L. *Ssp. Abietis*
- 3) Çoğunlukla Çam nadiren ladin (*picea*) türleri üzerinde bulunan *Viscum album* L. *Ssp. Austriacum* (Temür, 2006).



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.1: (a) *Viscum album* L. *Subsp. Album* (b) *Viscum album* L. *Ssp. Abietis*
(c) *Viscum album* L. *Ssp. Austriacum*

Ökse otu bitkisi mart-haziran ve eylül-ekim aylarında çiçek açmaya başlar. Yaprakları ters yumurtamsı-dikdörtgen şeklinde, yaprakların ucu biraz yuvarlak, 3-5 damarlıdır, sarımsı-yeşil renkli, sapsız, çiçekleri ise üçlü veya altılı gruplar halinde olacak şekilde bulunur. Erkek çiçekler, dişi çiçeklerden daha büyüktür. Ökse otunun meyve kısımları ağustos-kasım aylarında gelişim gösterir. Yapı olarak küçük, yaklaşık 1 santimetre (cm) çapında, küre veya elips şeklindedir. Ayrıca meyvelerin görünümü şeffaf, beyaz, etlidir (Ergun ve diğ., 1994; Temür, 2006). Bu meyvelerin kuşlar tarafından çok tüketilme sebebi etli ve yumuşak olmasıdır. Bu meyveleri tüketen kuşların dışkılama yoluyla ağaç dallarına düşen yapışkansı maddeye sahip olan bu tohumlar dallara yapışmakta ve ortamdaki ürik asit aracılığıyla çimlenmektedir. Çimlenmiş olan bitki emeçlerini dal üzerinden ağacın kabuklarından içe doğru uzanacak şekilde ksilem iletim

demetleriyle ağaçtan besin maddelerini alarak kendini geliştirmektedir. Ağaçtan aldıkları bu besin maddelerini özümseyerek tohumla çoğalırlar (Temür, 2006).

Ökse otu bitkisi, emici kökleri ile bitkinin besin maddelerini aldığı için üzerinde bulunduğu ağacı zayıflatarak normal gelişmesini önlemekte ve bitkilerde çalılışmaya neden olmaktadır. Bu çalılışmalar da zamanla ağacın öldüğünün göstergesidir. Bazı araştırmacılar, çalılışmanın ağacın büyümesini ve gelişmesinin engellediği için budama gibi yöntemler ile ağacın yaşamının uzatılabileceğini ifade etmektedir (Turan, 2016). Bu çalılışma dışında, ağaçları tamamen kurutup yok edebilecek etkisi olan bu yarı parazit bitkinin diğer bir etkisi ise bulunduğu diğer dal ve gövdelerde şişlikler meydana getirerek ağacın bu kısımlarının değerlendirilmesine ve kıymetlendirme imkânlarını da azaltmaktadır (Sönmez, 2014). Bu çalılışmaların sebep olduğu zayıflama ile birlikte zararlı böceklerin üremesine neden olmaktadır. Ökse otunun yayılma hızına bakıldığı zaman bulunduğu alandaki ökse bitkisinin çokluğuna ve daha önce yayılma yaşanmamış yeni alanın yakınlığına bağlıdır. Yaşlı ve yoğun olarak ökse otu bitkisinin istilasına uğramış ağaçlara bitişik olarak bulunan yerlerdeki ağaçları da kısa sürede sararak istila edebilmektedirler. Ayrıca kapılara ökse otu bitkisi asmak Noel'de bir Hristiyan geleneğine dönüşmüştür (Yüksel ve diğ., 2005).

2.3 Ökse Otunun Sağlık Açısından Önemi

Hastalıkların tedavi edilmesinde öncelikle kullanılan doğal yöntemlerin başında bitkiler yer almaktadır. Geleneksel yöntemlerle yapılan halk ilaçlarının kullanımı ülkemizde oldukça fazladır. Bunda Türkiye'nin zengin bir bitki örtüsüne sahip olması etkilidir. Sentetik ilaçların maliyetinin yüksek olması ve çeşitli yan etkilere sahip olmasından dolayı doğal ve bitkisel ilaçlarda talep artmaktadır.

Dünya üzerinde bitki ürünlerinin kullanımı, eğitimi ve bunlar üzerine çıkarılan yayınlar gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle bu konu ile ilgili çalışmalar Avrupa ülkelerinde daha yaygındır. Örneğin; İngiltere'de bitkilerle tedavi yönteminin gelişmesi sonucu "Fitoterapi Okulu (School of Phytotherapy)" açılarak bilimsel bir dergi olan "İngiliz Fitoterapi Dergisi (British Journal of Phytotherapy) 1990 yılından beri yayınlanmaktadır. Çin özelinde bakıldığında modern tıbbın yanında, bitkilere dayalı olarak geleneksel yöntemlerle geliştirilen Çin tıbbını uygulayan çok fazla hekim, hastane bulunmaktadır. Geleneksel olarak hazırlanmış olan bu ilaçlar kullanıma hazır şekilde

eczane vb. yerlerde satılmaktadır. Geleneksel Japon tıbbında bitki esaslı ilaç tedavisi önemli bir yer kaplamaktadır. Türkiye’de de bu tarz çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların yapıldığı iki önemli merkez vardır. Bunlar; İstanbul Üniversitesi'ne bağlı GİLAM (Geleneksel İlaç Araştırma ve Uygulama Merkezi) ve Anadolu Üniversitesi'ne bağlı TBAM (Tıbbî ve Aromatik Bitki Araştırma ve İlaç Geliştirme Merkezi) (Temür, 2006).

Tıbbi bitkiler ve tıbbi bitkilerden elde edilen aktif bileşenlerin içerdiği çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Bitkisel ilaçlar dünyanın var oluşundan beri tedavi amaçlı kullanıldıkları için hastalığa etkileri ile yan etkileri iyi bilinmektedir. Yeni üretilen sentetik madde içerikli ilaçlara bakıldığında ise gerekli araştırmaların tam olarak yapılamamasından ve ilaçların etkilerinin süreçleri bilinemediği için bazı tehlikeli yan etkilere sebep olabilmektedirler. Bu yan etkiler ilaçlar kullanılmaya başlandıktan sonra anlaşılmakta ve bu durumda tedavi uygulanan kişilerde onarılması olanaksız ve geri dönüşü de zor durumlara yol açabilmektedir. Bitkisel ilaç maddelerinin sentetik ilaç maddelerine kıyasla tercih edilmesi kullanılan bitkisel maddelerin sentetik olanlara karşılık bitkilerden daha kolay ve ucuza elde edilmesidir. Bitkisel ilaçların sentetik yollarla üretilen ilaçlara göre başka bir özelliği ise birden fazla etkiye sahip olmalarıdır. Sentetik içerikli ilaçların bazıları sebep oldukları yan etkileri önlemek ve daha fazla zarara uğratmamak için ilave ilaçlara ihtiyaç duyarlar fakat bitkisel ilaçlarda böyle bir durum söz konusu değildir (Temür, 2006). Bitkisel kökenli ilaçların bu kadar tıbbın içerisine girmiş olması farklı bitkilere de yönelmeyi arttırmıştır. Bu farklı bitkilerden biri de ökse otudur. Ökse otu, özellikle Avrupa ökse otu, yüzyıllar boyunca folklor ve tıbbın özel ilgisini çekmiştir (Bar-Sela, 2011). Avustralyalı tıp doktoru Rudolf Steiner tarafından 20. yüzyılın başlarında ökse otunun tedavi etmek amacıyla kullanılması için farklı öneriler sunulmuş ve bu sayede alternatif tıp ilaçlarını geliştirmiştir (Temür, 2006).

Ökse otu bitkisinin tıbbi olarak kullanımı üç şekilde yer almaktadır. Bunlar; ökse otu çayı, öz suyu ve merhem olarak kullanımındır. Ökse otu bitkisinin yaprakları ve sapları zehirli değildir ancak meyveleri ağız yoluyla tüketildiği zaman zehir etkisi gösterir. Meyvelerini sadece iç yağı ile karıştırarak merhem halinde kullanmak en sağlıklısidir. Ökse otu bitkisinin hastalıklarda kullanım amaçlarına baktığımız zaman ökse otunun meyvesi ve yapraklı dalları; epilepsi krizlerine, düşük ve yüksek tansiyonu düzenlenmesine, kanın temizlenmesine, kalbin güçlendirilmesine destek sağlar aynı zamanda idrar artırıcı ve sindirimde yararlı etkiler de gösterdiği üzerine ifadeler yer

almaktadır. Ökse otu bitkisinin salgı bezlerine de faydalı bir etki sağladığı için harika bir metabolizma ilacı olduğundan söz edilmektedir. Meyvelerinin ise zehirli olmasından dolayı oral yolla tüketilmeyip ezilerek yakı sakızı haline getirilmesiyle yapılan karışım özellikle başta Gaziantep, Urfa ve Van yöresi olmak üzere romatizma ağrılarınin tedavi edilmesinde kullanıldığı bilinmektedir. Aynı zamanda meyvelerin ezilerek merhem haline getirilmiş hali çıban üzerine konarak; çıbanın açılması ve yaradaki irinin dışarı çıkmasını sağladığından da söz edilmektedir (Baytop, 1999). Çay olarak tüketilmesine bakıldığı zaman ise kronik kramplara ve histeri krizlerini önlemeye yaradığı, pankreas üzerindeki etkisinin büyük olmasından kaynaklı olarak şeker hastalığının oluşmasına yol açan dengesizlikleri ortadan kaldırdığından veya etkisini azalttığından bahsedilmektedir. Bazı hastalıklar sonrası karşılaşılan, bağırsak kanamalarını durdurduğu üzerine de bilgiler yer almaktadır. Çay hali soğuk olarak burna çekildiğinde ise burun kanamasını durdurma etkisinin de olduğundan bahsedilmektedir (Treben, 1997).

3. GIDALARIN KURUTULMASI

3.1 Gıdaların Kurutulmasının Tarihçesi

Genel tabir ediliş şekliyle kurutmanın kelime anlamına bakıldığı zaman, gıdaların içerdiği nem miktarının belirli bir amaç doğrultusunda belli bir değere kadar buharlaştırarak gıdadan uzaklaştırılması işlemidir (Karaaslan ve Tunçer, 2009). Kurutma gıdaların hasat edilmesinden sonra gıdalara uygulanan belirli işleme yöntemleri arasında önemli bir yer edinmiştir. Kurutma işleminin amacı gıdada bulunan nem içeriğini ve su aktivitesi değerini azaltarak gıdanın raf ömrünü uzatmak ve gıdanın ağırlığında meydana gelen azalmayla birlikte paketleme, depolama ve taşıma maliyetlerini minimum seviyeye indirmektir (Demiray, 2015).

Kurutma işlemi çok eski çağlardan beri birçok uygarlık tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin; Fenikeli ve Akdenizli balıkçıların tuttıkları balıkların uzun süre saklamak ve bozulmalarını geciktirmek için doğal bir kurutma yöntemi olan güneş altında kurularak muhafaza etmişlerdir. Yapılan bazı kazı çalışmaları sonucunda Eski Mısır'da kümbetlerin içinde kurutulmuş olarak bulunan buğday tanelerine rastlanmıştır. (Demiray, 2015). Türkler göçebe bir yaşam tarzı belirledikleri için yiyeceklerinin kurularak muhafaza etmeyi tercih etmişlerdir. Gıdalarını bu şekilde saklama nedenleri ise gıdaların kurutulduğu zaman taşımalarının daha kolay olması ve gıdaların bozulmadan daha uzun süre muhafaza edilebilmesidir. Bu gıdalara örnek verecek olursak; çabuk bozulabilecek olan gıdalardan sebze ve meyveler, yoğurt ve etin kurutulması, bazı deniz ürünlerinin ve çorba yapımında kullanılan tarhananın kurutulmasıdır (Alçay ve diğ., 2015).

İlk sanayi tipi kurutma on sekizinci yüzyılda sebzelerin kurutulması ile başlamıştır. Bundan sonraki süreçte kurutma endüstrisindeki gelişmeler ortaya çıkan savaşlar ile paralellik göstermiştir. Örneğin; İngiliz askerleri Kırım savaşı sırasında (1854-1856) vatanlarından erzak olarak gönderilmiş olan sebzelerin kurutulmuş halini kullanmışlardır; Boer Savaşı (1899-1902) sırasında Kanada'da kurutulmuş olan sebzeler Güney Afrika'ya gönderilmiş ve I. Dünya Savaşı esnasında 4500 ton kurutulmuş olan gıda (çorba karışımları, lahanalar, taze fasulye, havuç, patates, demir , mısır, turp ve çorba

karışımları) Birleşik Devletler'den Avrupa'ya nakledilmiştir (Vega-Mercado ve diğ., 2001).

Meyvelerin dehidre edilme geçmişine bakıldığında önemli bir gelişme kat ettikleri yıllar 1800'lü yılların sonu ile 1900'lü yılların başıdır. Doğal bir kurutma yöntemi olan güneşte kurutmanın yerini almaya hazırlanan sprey kurutucular 2. Dünya Savaşından önce geliştirilmiştir. Sprey kurutucular genellikle süt ve süt ürünleri ile birlikte yumurtaların kurutulması işleminde yer almışlardır (Barbosa-Canovas ve Mercado-Vega, 1996). 1960'lı yıllarda Kaliforniya Üniversitesi'nden bir grup bilim insanı günümüzde de kullanmaya devam ettiğimiz tünel kurutucuları bulup geliştirmişlerdir. Bir başka kurutma yöntemi olarak kullanılan mikrodalgalar II. Dünya Savaşı'ndan hemen sonra yapılan bazı çalışmalar esnasında ısı kaynağı olarak kullanılabilceği fark edilmiştir. 1950'li yıllarda sanayide mikrodalganın kurutma çalışmasında ilk kullanım yeri patates cipsi yapımında son aşama olarak kurutma sırasında yararlanılmıştır. Gıda sanayisinde mikrodalga enerjisiyle kurutma, haşlama, pişirme, pastörizasyon, sterilizasyon ve buz çözme gibi amaçlarla yararlanılmaktadır (Kanat, 2001).

3.2 Gıda Kurutma Yöntemleri

Gıdaların kurutulması, doğal yollarla kurutulması güneş altında yapılırken daha büyük kurutmalar kurutucu kabinlerinde ya da kurutma odalarında yapılmaktadır. Kurutucu çeşitleri; mikrodalga kurutucular, sıcak havalı (konveksiyon) kurutucular, kabin (dolap) kurutucular, fırın kurutucular, bantlı kurutucular, tünel kurutucular, sandık kurutucular, valsli (kondüksiyon) kurutucular, püskürtmeli kurutucular, dondurarak kurutucular (freeze-driers) ve vakum kurutuculardır (Özbay Doğu ve Sarı Çoban, 2015).

3.2.1 Doğal kurutma

Doğal kurutma; güneşin ısı ve ışınlarından faydalanarak gıdanın içinde bulunan suyun uzaklaştırılması için uygulanan kurutma yöntemine denir. Fakat her gıdanın güneşte kurutulması mümkün değildir ve bazı gıdalarda güneşte kurutmanın da uygulanması doğru da değildir. Güneşte kurutma yöntemi ekonomiktir ancak, gıdanın üzerine çevreden gelebilecek olan kimyasallar ve patojen mikroorganizmalar ile kirlenmekte ve gıdanın güvenliğini azaltarak tüketim ve saklama koşullarında

dezavantajlara neden olmaktadır (Doymaz ve Pala, 2002; Prakash ve diğ., 2004). Diğer dezavantajı ise doğal kurutma sırasında geniş alanlara ihtiyaç bulunmaktadır ve kurutma işlemi çok yavaş gerçekleştiği için kuruma süresi uzun olmaktadır. Genelde bu kurutma yönteminde su oranı %15'ten aşağıya inmemektedir. Burada verilen olumsuz yönler ele alındığında bu kurutma yöntemi gıda için yeterli ve uygun bir yöntem değildir (Soysal, 2004). Güneş altında doğal yollarla gerçekleştirilen kurutma yönteminde; renk değişimleri kontrol edilememekte, suyun geri kazanılmasında yetersiz kazanım olması, mikrobiyal yükte meydana gelen artış, vitamin ve bazı besin maddelerinin kayıplarının meydana gelmesi gibi olumsuz durumlar görülmektedir.

3.2.2 Yapay Kurutma

Yapay kurutma; kurutma sırasında işlemlerin kapalı sistemlerde ve kurutma şartlarının kontrol edilebildiği bir yöntemdir. Bu tanımda yer aldığı gibi kurutma şartlarının kontrollü olarak yapılmasından kaynaklı gıdanın yapısında bulunan suyun bir kısmı ya da tamamına yakın bir kısmı uzaklaştırılarak gıdanın yapısında önemli değişikliklere neden olmadan kurutulmuş olur (Teymur,1999).

Gıdaların kontrollü koşullar altında, dış hava şartlarından etkilenmesini engelleyerek kurutulduğu özel olarak yapılan kurutma sistemlerinin avantajlarını şu şekilde sıralanabilir;

- Gıdanın kuruma süresinde kısıalma meydana gelmektedir.
- Gıdaların daha hijyenik koşullarda ve kaliteli kurutulması söz konusudur.
- İstenilen nem içeriğine sahip gıda elde edilebilmektedir.
- Vitaminlerin kaybolması daha az görülmektedir.

Yapay kurutma yönteminin yukarıda bahsedildiği gibi avantajlarının yanı sıra işletme kurulumunun ve sonrasının masraflı olmasından kaynaklı olarak ülkemiz gibi güneş enerji kaynağı açısından zengin ülkelerde gıdaların kurutulma işlemi güneşe serilerek yapıldığı görülmektedir (Saldamlı ve Saldamlı, 1990).

Sıcak hava ile kurutma işlemi geçmişi eskilere dayanan ve günümüzde de kullanımı devam etmekte olan konveksiyonel bir kurutma yöntemidir. Sıcak havalı tüm

kurutma sistemleri, içerisinde ısıtılmış havanın dönüşüm sağlayabileceği şekilde tasarlanmış kapalı sistemlerdir. Bu sistemlerde ürünün taşınımını sağlayan makine ve ekipmanlar ile birlikte kontrol mekanizmaları da yer almaktadır (Bingöl ve Devres, 2010). Gıda içerisinde bulunan nemin uzaklaştırılması için gerekli olan ısı, hava tarafından sağlanmaktadır ve buharlaşmakta olan nem gıdadan yine hava vasıtasıyla uzaklaştırılır. Taşınan sıcak hava kurutulmak istenen gıdanın içinden, üzerinden ve aralarından geçirilerek daha hızlı ve eşit bir şekilde kuruması sağlanır. Hava ile gıda arasında gerçekleşen ısı ve nem transferi aynı zamanda gerçekleştirilir ve bu şekilde gıdanın nemi ve dolayısıyla su aktivitesi azaltılır.

Çeşitli tipte fan ve vantilatörlerle havanın kurutucular içinde hareketi sağlanır. Havanın ısıtılması iki şekilde gerçekleştirilir. Bunlar; doğrudan ve dolaylı ısıtma yöntemleridir. Doğrudan ısıtma yönteminde hava ısı kaynağıyla doğrudan temas ederek ısınır ve daha sonra ısınan hava gıdanın etrafından, arasından olacak şekilde sistem içerisinde dolaşır. Dolaylı ısıtma yönteminde hava ısı kaynağıyla direk temas etmez, hava herhangi bir aracı ile ısıtılır. Bu iki yöntemde de önemli olan ısıtılmış olan havanın ısınma sırasında hiçbir kontaminasyona uğramamış olmasıdır (Demiray, 2015).

Kabin tipi kurutucuların çeşitleri çok olsa da çalışma prensibi hepsinde benzer şekildedir (Cemeroğlu, 2013b). Kabin kurutucu sistemleri fan, yalıtımlı bir kabin ve hava ısıtıcıdan oluşmaktadır (Brennan, 2006). Kurutulması istenen gıda ızgara şeklinde olan tepsilere yerleştirilir ve dönüşüm halinde olan sıcak hava tepsilerin arasından geçirilerek kurutulma işlemi sağlanır (Cemeroğlu, 2013b). Kabin tipi kurutucularda hava hızı, sıcaklığı ve nemi tepsilerin her yerinde aynı düzeylerde olmamaktadır. Bundan dolayı kabin içerisinde her noktada kuruma hızı değişkenlik gösterebilmektedir. Bunu önlemek amacıyla hava akımının yönü değiştirilebilmektedir (Yağcıoğlu, 1999). Kabin kurutma sistemleri genellikle bütün meyveler üzerinde de değil daha çok dilimli ve doğranmış gıdaları kurutmak üzerine kullanılır. Genellikle endüstriyel tipte bu kurutucular olmasına rağmen laboratuvar ölçekli olacak şekilde de tasarlanan kabin tipi kurutucular vardır (Brennan, 2006).

- Tepsili kurutucular: Bu tip kurutucular dilimlenmiş ya da doğranmış şekilde bulunan gıdaların tepsilere dizilerek ısıtılmış havanın tepsilerdeki gıdalar arasından geçirilmesi prensibine bağlı olarak çalışır.

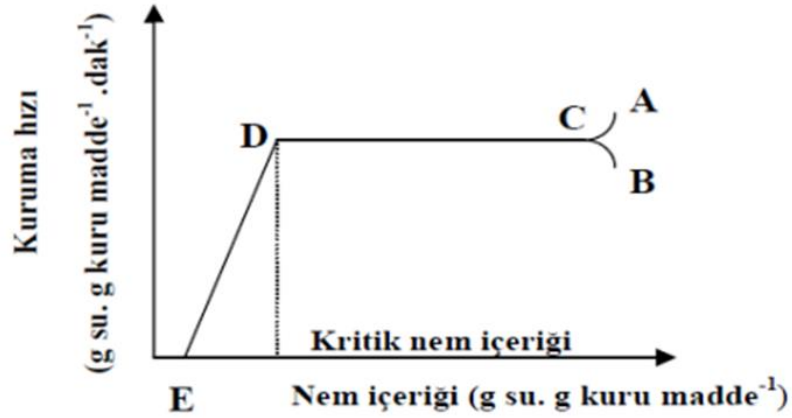
- Tünel Kurutucular: Tünel kurutucularda kısa sürede ve yüksek kapasitede kurutma işlemi gerçekleştirilir. Gıdalar tünelin girişinde çıkışına kadar sıcak havaya maruz bırakılır. Bu kurutma sistemlerinde enerji verimliliği ve ürün kalitesi yüksektir, işgücü maliyeti ise düşüktür.
- Konveyör (bantlı) Kurutucular: Konveyör kurutma sistemlerinde gıdalar bir veya birden fazla bant sistemleri üzerinden geçirilirken sıcak hava ile temas eder.
- Akışkan Yataklı Kurutucular: Bu kurutma sistemi sadece akışkan olabilecek küçük boyutlu gıdalar için uygundur. Bu kurutma sisteminde sıcak hava gıdanın her yerine eşit şekilde temas sağladığı için kurutma işleminde avantaj sağlar.
- Püskürtmeli Kurutucular: bu kurutma sistemi gıda sanayisinde toz ürün elde edilmesinde kullanılır. Bu kurutma sistemlerinde kurutma işlemi havanın ısıtılarak atomizer desteğiyle ile küçük yapıda bulunan gıdalarla temas etmesiyle sağlanır.
- Valsli Kurutucular: Bu kurutma sistemlerinde dökme demirden yapılmış silindirlerin üzerine sıvı gıda yayılır ve silindirin içerisinde bulunan sıcak hava veya su ile ısı sağlanır ve sistem kendi etrafında belirli bir hızda dönerek gıdanın kurtulması gerçekleştirilmiş olur. Daha sonra gıda sistem üzerinden kazanıp toplanır.
- Güneş Enerjili Kurutucular: Bu tip kurutma sistemlerinde güneş enerjisi ile su veya hava ısıtılır. Isıtılan bu akışkanlar gıdaların kurutulmasında kullanılır (Apaydın, 2007).

3.3 Gıdalarda Kurutmanın Temel Aşamaları

Kurutma işlemi ısı ve kütle transferinin aynı zamanlı olarak gerçekleştiği bir süreçtir (Maroulis ve diğ., 1995). Gıdaların kurutulmasında öncelikle hava ile gıda temas etmekte ve gıdaların ısınmaya başlaması sağlanmaktadır. Bununla birlikte gıdalarda ısı transferi gerçekleşir böylece gıda yüzeyindeki nem uzaklaştırılmış olur ve gıdanın içerisinde bulunan nem kütle transferi ile yüzeye taşınır ve yüzeyden buharlaşarak uzaklaştırılır (Krokida ve Maroulis, 2000; Ndukwu ve diğ., 2017).

Her gıdanın kurutulmasında koşullar ve şartlar farklı olsa da benzer bir eğri elde edilir. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi gıdaların kurutulmasında elde edilen eğri bu şekilde

olmaktadır. Grafikte AC arasında bulunan kısımda gıda kurutulmaya başlamadan önce sıcak olduğunun göstergesidir; BC arasındaki kısım ise gıda kurutulmaya başlamadan önce soğuk olması halinde görülen eğrilerdir. C noktasında ise kurutma sistemi dengeye gelmiş durumdadır ve gıdanın kuruması kararlı ve sabit bir şekilde devam eder. CD arası kurumanın sabit hızda olduğunun, DE arasında bulunan kısım ise kurumanın azalan hız ile gerçekleştiğini gösteren alanlardır (Demiray, 2015).



Şekil 3.1: Gıdaların kuruma eğrisi (Demiray, 2015).

3.4 Kuruma Hızını Etkileyen Faktörler

3.4.1 Sıcaklık

Gıdaların kurutulması aşamasında kurumayı etkileyen en önemli faktör sıcaklıktır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004). Kurutma esnasında sıcaklığın etkisiyle birlikte difüzyon hızı arttığı için kuruma hızı dolaylı olarak artmakta buna bağlı olarak kurutma süresi kısalmaktadır (Doymaz ve Ismail, 2011). Yüksek kurutma sıcaklıklarında kurutma süresi azalmasına rağmen ürün kalitesi düşmektedir. Burada kurutma süresinin azalmasının sebebi ısı transfer hızının artmasından kaynaklanmaktadır. Düşük sıcaklıklarda yapılan kurutmalar ürün kalitesini arttırmasına rağmen kurutma uzun sürede gerçekleşir. Bu şartları göz önüne aldığımız zaman kurutma süresini ve ürün kalitesini en iyi etkileyecek kurutma sıcaklığı belirlenmeli ve uygulanmalıdır (Aktaş, 2015).

3.4.2 Kurutma Hava Hızı

Gıdaların kuruma hızını etkileyen bir diğer faktör kurutma hava hızıdır. Kurutma işlemi sırasında uygulanan sıcaklığa bağlı olarak gıdanın yüzeyinde bir film tabakası oluşur. Bu film tabakası gıdanın kuruma hızını yavaşlatır. Eğer bu film tabakasının oluşması önlenirse gıdada bulunan nemin buharlaşması hızlı gerçekleşir ve kuruma süresi etkilenir. Kuruma sırasında oluşan hava hızı bu film tabakasını sürekli sürükleyerek oluşmasını engellemektedir. Ancak hava hızının olumlu etki gösterebilmesi kurutmanın hangi aşamada olduğuna bağlıdır. Kurutmanın başlangıç aşamalarında hava hızı çok etkili iken kurutmanın son aşamalarına geldiğinde hava etkisinin olumlu etkileri çok fazla gözlemlenmemektedir (Cemeroğlu, 2013b).

3.4.3 Havanın nemi

Havanın nemi de kurutma işlemi sırasında önemli bir faktördür. Kurutma işleminin biteceği nem seviyesini havanın bağıl nemi belirler. Ortamın nemi azaltıldığında ve arttırıldığında gıdadaki nem değişimini farklı etkilemektedir. Sorbsiyon izotermi; sabit sıcaklıkta gıdanın içerisinde bulunduğu havanın nem miktarının değiştirilmesi ile gıdanın içerdiği nem miktarındaki değişimi gösteren eğrilerdir. Adsorbsiyon (gıdanın nem çekmesi) sabit sıcaklıkta ortamın neminin arttırılması ile gıdanın içerdiği nem miktarındaki değişimi ifade eder, desorbsiyon (gıdanın nemini kaybetmesi) ise adsorbsiyonda olduğu gibi sabit sıcaklıkta ortamın neminin düşürülmesiyle birlikte gıdanın içerdiği nem miktarında meydana gelen değişimdir (Cemeroğlu, 2013b).

3.4.4 Gıdanın Özellikleri

Gıdanın kuruma hızını etkileyen bir diğer faktör ise kurtulacak olan gıdanın yüzey alanıdır. Gıdanın yüzey alanı artırılarak içerisinde bulunan nemin uzaklaştırılması daha hızlı gerçekleştirilir. Ancak gıdanın çok ince bir şekilde dilimlenmesi kurutulurken yanmasına sebep olabilir. Bu sebeplerden dolayı gıdanın boyutu uygun bir şekilde ayarlanmalıdır. Burada bahsedilenlerden anlaşılacağı üzere kuruma gıda yüzey alanı ile doğru orantılı ve gıdanın boyutu ile ters orantılıdır (Cemeroğlu, 2013b).

Gıdaların kurutulmasında gıdaların içerdiği kimyasal ve kendilerine özgü maddeler kuruma sürecini değiştirmektedir. Şeker tuz gibi gıda içerisinde çözünmüş maddeler açısından zengin gıdaların kurutulması daha zordur bunun nedeni bu çözünmüş maddeler suyun buhar basıncını düşürmesinden kaynaklıdır. Ayrıca gıda da bulunan yağ, glukoz, nişasta, pektin gibi maddeler suyun uzaklaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Haşlanan gıdaların kurutulmasının daha kolay olma sebebi haşlanan gıdaların hücre zarı geçirgenliği artmasından kaynaklanmaktadır (Cemeroğlu, 2013b).

3.5 Gıdaların Kurutulması Esnasında Meydana Gelen Değişimler

Gıdaların kurutulması esnasında fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik değişiklikler görülmektedir. Bu değişiklikler gıdaların kalite kayıplarına, duyu değerlendirmelerin olumsuz olmasına, besin değeri kayıpları gibi etkilere sebep olmaktadır.

3.5.1 Fiziksel değişimler

Yöresel madde birikimi: Bu maddelerin birikimi gıdanın içindeki kuru madde değişimine direk olarak bağlıdır. Kurutma esnasında gıdadaki suyun hareketi çözülmüş maddeleri yüzeye taşır (Cemeroğlu, 2013b).

Kabuk bağlama: kurutma sırasında yüksek sıcaklık uygulanmasından kaynaklı olarak bir kabuk bağlama gerçekleşir. Oluşan bu kabuk gıdanın içindeki suyun hareket etmesini engeller ve kuruma hızını yavaşlatır (Cemeroğlu, 2013b).

Rehidrasyon kapasitesi: Kurutulan gıdanın belli koşullar altında suda bekletilerek kaybetti su miktarını geri kazanması ile ölçülür. Ne kadar çok suyu geri kazanırsa radyasyon yeteneği o kadar yüksek olur. (Cemeroğlu, 2013b).

Kitle yoğunluğundaki değişimler: Kurutma sırasında gıdanın hacmi azaldığı için kitle yoğunluğu da değişir. Kitle yoğunluğu gıdalarda bir kalite ölçüsüdür ve kurutulma sırasında uygulanan koşulların bir belirtisidir (Cemeroğlu, 2013b).

3.5.2 Kimyasal değişimler

Esmerleşme reaksiyonu: Gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında ortaya çıkan değişimlere “Esmerleşme Reaksiyonları” olarak adlandırılır. Gıdanın besin değerlerinin, tadının, renginin ve görünümünü etkili düzeyde değiştirirler. Esmerleşme reaksiyonları bazı gıdalar dışında çok fazla istenen bir şey değildir. Örnek gösterilecek olursa meyve ve sebzelerin dondurulması veya kurutulmasında istenmeyen bir özelliktir. Esmerleşme reaksiyonlarının istendiği gıdalar; kahve, çay, çerez gibi gıdalar, bazı bira tipleri ve kızartılmış ekmek. Esmerleşme reaksiyonunun gerçekleşme hızı; gıdaların kurutulması aşamasında gıdanın nem içeriğine, kuruma hızına, kuruma süresine ve gıdanın içerdiği bileşime bağlı olarak değişir (Demiray, 2009). Esmerleşme reaksiyonları iki ana gruba ayrılır. Bunlar; enzimatik esmerleşme ve enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard reaksiyonu, karamelizasyon).

Enzimatik olan esmerleşme özellikle meyve ve sebzelerin kurutulmasını sırasında meydana gelen reaksiyondur. Meyve ve sebzelerin içerdiği polifenol oksidaz enzimi, ortamda oksijen varsa gıdada istenmeyen lezzet ve renk değişimlerine sebep olmaktadır. Bu reaksiyonu önlemek amacıyla meyve ve sebzelere ön işlem uygulamak gerekmektedir. Örneğin; sebzeleri kurutmadan önce haşlanma işlemi gerçekleştirilebilir, haşlama işlemi yapılamayan durumlardaysa örneğin meyvelerde kükürtleme işlemi gerçekleştirilmektedir (Guiné ve diğ., 2018).

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları bakıldığı zaman karamelizasyon ve Maillard reaksiyonudur. Bu reaksiyonlar uygulanan kurutma sıcaklığının derecesine ve tepkimeye giren gıdaların konsantrasyonlarına bağlı olarak değişmektedir (Cemeroğlu, 2013b).

Renk değişimleri: kurutma sırasında gıdaların renginde bozulmalar görölmektedir bunun sebebi uygulanan sıcaklığın etkisiyle birlikte oksidasyon reaksiyonlarının sonucunda karotenoid ve klorofillerde kimyasal değişikliklerin meydana gelmesidir. Kurutma işleminde uzun sürmesinden kaynaklanabilir ya da sıcaklığın yüksek uygulanmasından kaynaklanabilmektedir (Guiné ve diğ., 2018). Gıdaların rengini kurutma sırasında koruyabilmek ya da değişimi en aza indirmek için ön işlem uygulamaları yapmak gerekir.

Lipid oksidasyonu: Lipid oksidasyonu ortamda bulunan oksijen varlığında serbest radikallerin katalitik etkiye yol açan metallerin varlığından oluşmaktadır. Gıdaların vitamin değerlerini kaybetmesine, koku ve tat kayıplarına sebep olan bir reaksiyondur. Kurulmakta olan gıdanın nem içeriği, kurutma esnasında ortamda olan oksijen içeriği, sıcaklık, antioksidanların varlığı, metal iyonlarının varlığı ve protein değeri oksidasyon hızını etkileyen faktörlerdir. Lipit oksidasyonu engellenen ya da düşürmenin yolu kurutma ve depolama sırasında oksijen miktarını minimuma indirmektir (Dadalı, 2007).

3.5.3 Biyokimyasal değişimler

Vitamin kayıpları: Gıdalara uygulanan kurutma işlemi besin kayıplarına yol açabilmektedir. Özellikle gıdaların yapılarında bulunan vitaminlerde kurutma işlemi esnasında kayıplar meydana gelmektedir. Bu vitaminler iki grup halinde gıdalarda bulunur. Bunlar suda-çözünebilen (Vitamin B, C) ve yağda (Vitamin A, D, E, K) vitaminlerdir. Vitamin kayıplarının azaltılması isteniyorsa kurutma sıcaklığı çok yüksek olmayacak şekilde uygulanmalı ve kurutma süresi minimum düzeyde tutulmalıdır. Kurutulan gıdaların depolanma aşamasında ise depolama sıcaklığı, depolamadaki nem düzeyi ve oksijen düzeyi düşük olması gerekir. Optimum koşullar sağlandığı takdirde vitamin kayıpları minimum seviyede azalmış olur (Dadalı, 2007).

Protein kayıpları: Proteinler, kurutma yönteminin çeşidinden, kurutma esnasında oluşan fiziksel ve kimyasal değişimlerden etkilenecek değişime uğrarlar. Kurutma işlemi gıdaların içerisinde bulunan su içeriğinin azalttığı için proteinleri dayanıklılığının artar. Bu sebepten dolayı proteinlerin biyolojik değeri ve sindirim özelliği yok olmamaktadır.

Aroma kayıpları: Gıdalarda aromadan bahsedince en başta akla tat ve koku gelir. Gıdaların aroması da bunların çeşitli bileşenlerinin bir araya gelmesi ile oluşur. Gıdanın aromasını, tadını ve kokusunu oluşturan doğal uçucu aroma bileşikler de gıdaların kurutulması esnasında kayıplar meydana gelmektedir. Bu uçucu yağlardaki kayıp miktarları kurutma sırasındaki uçucu bileşenlerin buhar basıncı, gıdadaki katı madde miktarı ve su buharındaki çözünürlük gibi etkenlere göre değişebilmektedir. Kurutma işlemi için genellikle tam olarak olgunlaşmış meyveler tercih edilmektedir. Bunun sebebi meyve tam olgun haldeyken lezzet maksimum düzeydedir ve kuruduktan sonra da bu lezzet miktarını korumaya devam etmektedir. Lezzet algısında aroma maddeleri oldukça önemlidir. Kurutma işleminde su kaybı meydana geldiğinden aroma maddelerinde de

azalmalar meydana gelebilmektedir. Kurumuş meyve lezzetini burada bahsedildiği gibi birçok etken oluşturmaktadır.

3.5.4 Mikrobiyolojik değişimler

Gıdaların kurutulması sırasında gıdanın mikroflorası değişmektedir. Sağlıklı ve temiz işlenmemiş gıdanın kullanımı, işlenmemiş gıdanın hazırlanması ve kurutulması sırasında hijyenik şartlara uygun olarak hazırlanması kurutma işlemi sırasında gıdaların mikroorganizmalardan kaynaklı sorunların önlenmesinin tek yoludur. Gıdanın nem oranı kurutulma esnasında belli bir düzeye indirilmişse, depolama ve saklama sırasında mikrobiyolojik açıdan bir bozulma olma ihtimali oldukça düşüktür. Bu söylenenlere bakıldığı zaman kurutulmuş ürünlerde canlı mikroorganizma bulunduğu fakat koşulların uygun olmadığı sürece aktif hale gelip çoğalmadıkları anlaşılmaktadır. Aktif hale gelmesine sebep olacak koşullar ise yeterli su aktivitesi değeri, sıcaklık, pH vb. Mikroorganizmaların aktif olmaları için bakteriler 0.9, maya ve küfler 0.7 su aktivitesi değerinde olması gerekir. Bakıldığı zaman mikrobiyolojik faaliyetlerin gerçekleşemediği su aktivitesi değeri 0.7 altındaki değerlerdir (Cemeroğlu, 2013b). Mikrobiyolojik ve enzimatik aktivitenin durdurulabilmesi ya da sınırlandırılıp yavaşlatılması kurutma sırasında bitki içerisindeki su miktarının belli seviyelere kadar azaltılması ile sağlanır. Bunun sayesinde bitkilerin depolanmasında sırasında renk, aroma ve fiziksel özellikleri korunabilmekte ve depolama süresinde uzamaktadır. Kurutma işlemiyle su miktarı azaltıldığı için küf ve bakterilerin gelişmeleri de engellenmektedir (Özer, 2010).

3.6 Gıdaların Kurutulması ile ilgili çalışmalar

Carvalho ve diğ. (2021), arpa malt işlemede konvektif kurutmaya alternatif olarak mikrodalga ve mikrodalga-vakumlu kurutma üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, arpa maltının mikrodalga ve mikrodalga vakumlu kurutmasını incelemiş, hidrasyon, çimlenme ve kurutmayı değerlendirmişlerdir. Geleneksel konvektif kurutma (50–70°C) 540–840 dakika sürerken, mikrodalga ile kurutmanın işlem süresini ~%95 oranında azalttığı görülmüştür. Vakum uygulamasının, kuruma hızını arttırdığı ve ürün sıcaklığını düşürdüğü belirlenmiştir. Elde edilen etkin yayılımı dayalı olarak işlem üzerinden nem profilleri hesaplanmıştır. Kurutma hızı, mikrodalga radyasyonu optimum olduğunda, numune içindeki su molekülleri arasında absorpsiyon ve dönüşüm arasındaki en iyi kombinasyonla ilişkilendirilen bir ara nem değeri gösterdiği ifade edilmiştir. Sonuç

olarak, mikrodalga ve mikrodalga-vakum teknolojileri arpa maltı kurutması için alternatif yöntemler olabileceği belirtilmiştir.

Katar ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada, adaçayında (*Salvia officinalis*) farklı sıcaklıklarda kurutma işlemi uygulamışlar ve çalışmada uçucu yağ oranı değeri ve bileşenleri üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Adaçayının yaprakları farklı kurutma sıcaklığında (35°C, 45°C, 55°C ve 65°C) etüvde kurutulmuşlardır. Taze ve kurutulmuş adaçayı yapraklarından ekstrakte ettikleri uçucu yağları GC-MS cihazında analiz etmişler. Uçucu yağ oranları taze yaprakta %0.483, 35 °C’de %1.837, 45 °C’de %1.550, 55 °C’de %1.267 ve 65 °C’de %1.263 hesaplanmıştır.

İnanoğlu (2017), yapmış olduğu çalışmada adaçayının kurutulmasında mikrodalga-vakum kurutmanın gıda üzerine kalite özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmada adaçayı yaprakları laboratuvar tipi mikrodalga vakum fırında (2.45 GHz, 1.8 kW güçte) nem içeriği yaş baza göre %73.8’den %10’un altına inene kadar kurutulmuştur. Mikrodalga güçlerini sırasıyla 720, 900, 1080 W olarak uygulamış ve uyguladığı mutlak basınç değerleri yine sırasıyla 40, 80, 120 mBar’dır. Bunlara ek olarak adaçayı yapraklarını geleneksel yöntem (60°C, sıcak hava), dondurarak ve gölgede kurutma metotları ile de kurutulmuş ve bu kurutma metotlarının kurutulan adaçayı yaprakları üzerine kalite özelliklerini incelemiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda taze adaçayının istenilen nem içeriğine ulaşmasında mikrodalga-vakum kurutma yönteminin de 9-15 dakikanın yeterli olduğunu görmüştür. Çalışmanın kurutma yönteminin toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve klorofil miktarına bir etkisinin olmadığını ifade etmiştir.

Polatçı ve Taşova (2017) yapmış oldukları çalışmada, sıcaklık kontrollüne sahip mikrodalga kurutma sisteminde alıç meyvesini kurutarak kuruma süresini, renk değerini ve alıç meyvesinin kuruma eğrilerinin hangi matematiksel modele uygun olduğunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Gıdalar sıcaklık kontrollüne sahip mikrodalga kurutucuda 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutulmuşlardır. 50, 60 ve 70°C kurutma sıcaklıklarında sırasıyla 129, 66, ve 45 dakika olarak kuruma sürelerini belirlemişlerdir. Kuruma süresi en kısa olan sıcaklık 70°C de iken kuruma süresi en uzun olan sıcaklık ise 50°C olarak belirlenmiştir. Kuruma eğrilerini hesaplamışlar ve en iyi uyan modelin Midilli-Küçük modeli olduğunu belirtmişler. Kurutulmuş ve taze halde bulunan alıç meyvelerinin renk değerlerini incelemiştir. L (parlaklık) ve a (kırmızılık) renk değerleri açısından her kurutma sıcaklığında da kurutulan ve taze haldeki alıç meyveleri arasında istatistiksel

anlamda bir fark olduğunu hesaplamışlardır. b (sarılık) değerinde ise istatistiki olarak 50 ve 70°C sıcaklıkta kurutulan ve taze haldeki alıç meyveleri arasında bir farklılık olmadığı hesaplamışlardır. Kroma, hue açısı ve esmerleşme değerlerini kıyasladıkları zaman taze alıç meyvesi ve üç farklı sıcaklıkta kurutulan alıç meyvesi arasında rakamsal olarak anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Fakat taze alıç meyvesine en yakın kroma ve esmerleşme değerlerinin 70°C sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde olduğu ifade etmişlerdir.

Polatçı ve Taşova (2017) yaptıkları çalışmada, dere otu yapraklarının mikrodalga kurutma yöntemi ile renk değerlerinin ve kuruma kinetiğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Kurutma sırasında nem değişimi modellemişlerdir. Mikrodalgada 360 W ve 540 W güçlerinde 30, 40 ve 50 saniye çalıştırıp 120 saniye bekleterek kurutma işlemini yapmışlardır. 360 W güçte gerçekleştirilen kurutma işlemlerinin de kuruma süreleri sırasıyla 20.5 dakika, 13 dakika, 11 dakika sürerken, 540 W güçte yapılan kurutma işlemlerinde sırasıyla 8 dakika, 7 dakika, 6.5 dakika sürdüğünü belirtmişlerdir. Kurutulmuş dere otu yapraklarının taze ürüne en yakın kroma, toplam renk farklılığı değerlerini veren ve en iyi koruyan işlemin 360 W güçte 50 saniye çalıştırılan kurutma işlemi olduğunu belirtmişlerdir. Bu özellikleri en az muhafaza eden kurutma yöntemi ise 360 W güçte 30 saniye çalıştırılan kurutma işlemi olduğunu belirtmişler. Nem değişimlerinin tahmin edilmesinde Page, Midilli- Küçük, Modified Page ve Logaritmik gibi dört farklı matematiksel model kullanmışlardır. Her iki güç kademesinde de kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden modelin Midilli- Küçük olduğunu belirtmişlerdir. Her iki güç kademesinde 50 saniyelik kurutma yöntemi için ise Page ve Midilli- Küçük modelleri kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden modeller olarak belirlenmiştir.

Karaaslan ve diğ. (2016) yapmış olukları çalışmada, dilimlenerek ve ön işleme tabi tutulan soğanları güneş altında, vakumda, kabin kurutucu, dondurarak ve güneş enerjisi kurutucularında kurutmuşlardır. Bu çalışmadaki amaçları rehidrasyon kapasitelerinin artırılmasında etkileri görmek ve kıyaslamaktır. Kurutmadan önce soğanlara uyguladıkları ön işlemler malto dekstrin, patates nişastası ve tuz çözeltilerine daldırmaktır. Sonuç olarak rehidrasyon kapasitesi güneş enerjili, güneş altında, kabin kurutucuda, vakum kurutucuda ve dondurarak kurutulmuş soğanlarda sırasıyla 5.74 ± 0.70 , 5.36 ± 0.30 , 5.94 ± 0.40 , 6.69 ± 0.70 ve 7.94 ± 0.50 olarak hesaplamışlardır. Elde

edilen sonuçlara göre gerçekleştirilen farklı ön işlem uygulamaları ve kurutma yöntemlerinin rehidrasyon kapasitesinde önemli değişimler sağlayabileceği belirtilmiştir.

Aktaş ve Gönen (2014), ısı pompalı ve nem kontrollüne sahip bir kurutma sisteminde defne yaprağını kurutulması üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu kurutma sisteminde, 40°C, 45°C ve 50°C kurutma sıcaklıklarında, kurutma hava hızı ise 1 m/s ve 1.5 m/s olacak şekilde kurutma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Nem alma ünitesi sayesinde çalışma sırasında kurutma havasının bağıl nemini %4-11 arasında tutmuşlardır. Sonuç olarak en iyi sonucu 45°C ve 1.5 m/s olduğunu belirtmişlerdir.

Polatçı ve Tarhan (2009) yaptıkları bir çalışmada, farklı kurutma metodları ve şartları altında aromatik bir bitki olan reyhanı (*Ocimum basilicum*) kurutmuşlardır. Yapılan bu çalışmada doğrudan temaslı kurutucuda, etüvde, gölgede, güneşte ve mikrodalga fırında kurutma olmak üzere farklı kurutma metodlarını kullanmışlardır. Kurutma denemelerini üç tekrarlı olacak şekilde yapmışlardır. Bu çalışmayla birlikte reyhanın kuruma özelliklerini, renk değerlerindeki değişimleri ve uçucu yağ oranlarını belirlemişlerdir. Reyhan'ın doğrudan temasta kurutucuda kurutma süresinin 63-66 saat sürdüğünü belirtmişlerdir. Etüvde yapılan kurutma işleminde iki farklı sıcaklık (45°C ve 55°C) uygulanmış ve kurutma süresi 45°C'de 50 saat ve 55°C'de 34 saat sürdüğü belirtilmiştir. Mikrodalgada yapılan kurutma işleminde iki farklı güç (280 W ve 595 W) değerinde gerçekleştirmişlerdir. Mikrodalgada yapılan kurutma diğer kurutma metodlarına göre daha hızlı gerçekleşmiş ve tamamlanma süresi 9-22 dakika olarak hesaplanmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre mikrodalga kurutma yönteminin reyhan bitkisinin kurutmak için uygun olmadığı bunun sebebini ise kalite özelliklerini korumamasıdır. Gölgede ve güneşte yapılan kurutma işlemlerinin aromatik bitkilerin kalite özelliklerini bozduğu belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda reyhan bitkisinin kurutmak için en uygun koşulların sıcak havayla kurutmada 45-55 °C sıcaklıklar olduğunu saptamışlardır.

Dadalı (2007) yapmış olduğu çalışmada, ıspanak ve bamyaları mikrodalga tekniği ile kurutmuştur. Bu çalışmada kuruma kemiklerini incelemiş, kurutma sırasında meydana gelen renk değişimleri saptanırken, c vitamin değerlerinin ve doku özelliklerindeki değişimleri kurutma sonrasında rehidrasyon oranlarını incelemiştir. Kurutma işlemi sırasında mikrodalga gücü arttıkça kuruların örneğin ağırlığının azaldığı ve kuruma süreçlerinin kısaldığı görülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda kurutulmuş olan

bamyalarda renk değişimleri saptanırken, ıspanakta renk değişimleri saptanmamıştır. Rehidrasyon kapasitesi değerleri ele alındığında ıspanak ve bamyanın geri absorplayabildikleri su miktarlarının sırasıyla %96 ve %78 değerlerine sahip olduğunu hesaplamıştır. Kurutma işleminde sırasında ıspanak ve bamyaların vitamin C değerlerinin sırasıyla yaklaşık olarak %27.45 ve %40.32'sini kaybettiklerini gözlemlemiştir. Gözeneklilik testi sırasında bamyada kurutulma esnasında suyun transferini sağlayan gözenekli yapısının çok küçük olmasından kaynaklı cihaz ile gözleme yapılamamıştır. Ispanakta ise gözeneklilik testi gerçekleştirilmiş ve mikrodalga gücü yükseldikçe ya da numune miktarı azaldıkça gözenekliliğin artmış olduğu belirtilmiştir.

Demir ve diğ., (2004) yaptıkları çalışmada, defne yaprakları (*Laurus nobilis* L.) 40, 50 ve 60°C hava sıcaklıklarında ve %5, 10, 15 bağıl nemlerde kurutmuşlardır. Ayrıca açık alanlarda güneş ve gölge altına kurutma işlemleri de yaparak sıcak hava ile kurutma da bir kalite farkı olup olmadığını belirlemek istemişlerdir. Sıcak hava ile yapılan kurutmalar esnasında, hava akış hızı 1.5 ms^{-1} değerinde sabitlemişlerdir. Defne yapraklarının nem içeriği değişikliklerini bulunması için kurutma sırasında ağırlık kayıpları belli aralıklarla takip edilmiştir. Sonrasında elde edilen veriler kurutmanın iyi bilinen beş matematiksel modellerine uygulanmıştır. Tüm kurutma modelleri içerisinde en iyi uyan matematiksel modelin Page model olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kurutma koşullarının defne yapraklarının rengi ve uçucu yağ miktarı üzerindeki etkilerini belirlemek için, taze yapraklar ve diğer koşullarda kurutulan yapraklar karşılaştırılmıştır. Defne yapraklarının 60°C hava sıcaklığında kurutulması sırasında önemli bir kalite kaybı yaşanmadığını belirtmişlerdir.

3.7 Ökse otunun Kurutulması ile ilgili çalışmalar

Kamar (2016), ökse otu bitkisinde ağır metaller üzerine bir çalışma yapmıştır. Toplanan ökse otu bitkileri açık havada kurutulmuş ve iyice kuruduktan sonra öğütülmüş ve analizleri yapılmıştır. Çalışmada ökse otunun yaprağı, meyvesi, dalında Cu, Fe, K, Ba, Ca, Co, Cr, Mg, Mn, Zn elementleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak insan sağlığı açısından ökse otunun tüketimde ve tıbbi amaçlı ilaç olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Köse ve Erentürk (2010), konvektif ve UV-konvektif kurutucularda ökse otunun (*Viscum album* L.) kurutma özelliklerini incelemişlerdir. Kurutma koşulları olarak sıcaklık değerleri 60-70-80°C ve kurutma hava hızı olarak 0.5-1-1.5 m/s uygulamışlardır. Kurutma havası sıcaklığı, her iki kurutma yönteminde de ökse otunun kuruması için en önemli etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Her iki kurutucuda da kuruma hızları 1 ve 1.5 m/s'de yakın sonuçlar vermiş olsa da, hava hızı 0.5'ten 1 m/s'ye arttırıldığı zaman kuruma hızının arttığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar altı ince tabaka matematiksel modele göre uyarlandığı zaman, Modifiye Page modelin her iki kurutma yönteminde de ökse otu için en iyi sonucu gösterdiği ifade edilmiştir. Konvektif kurutucunun UV işlemi ile birleştirilmesinde kurutma işlemini hızlandırdığı ve uygulanan tüm kurutma havası parametreleri için kuruma sürelerini kısalttığı gözlemlenmiştir. Her iki kurutucu yöntemi de kıyaslandığı zaman, renk analizi sonuçlarında uygulanan tüm koşullarda UV kombine konvektif kurutucuda konvektif kurutucuya oranla daha düşük a^*/b^* değerlerinin ve daha yüksek L^* değerlerinin elde edildiğini belirtilmiştir.

Köse (2008) yaptığı çalışmada, konvektif ve UV-konvektif kombine tip kurutucularda ökse otunun (*Viscum album* L.) kuruma davranışı incelemiştir. Kurutma koşulları olarak 60-70-80° C sıcaklık değerlerini ve kurutma hava hızları olarak da 0.5-1-1.5 m/s seçmiştir. İki kurutma yönteminde de uygulama sırasında kurutma hava sıcaklığının artması ile kurutma süresinin kısaldığı görülmüştür. İki kurutma yönteminde de kurutulan ökse otu bitkisinin kuruma hızı grafikleri incelendiğinde kurutma hızının sıcaklık değeri arttıkça arttığı görülmüştür. UV-konvektif kombine kurutucuda kuruma süresi konvektif tip kurutucudaki kuruma süresi ile kıyaslandığı zaman daha kısa olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklıklarda kuruma süresi kısaldığı için C vitamini bozulması da daha az olmaktadır. Yapılan çalışmada C vitamini bozulmasının yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen UV-konvektif tip kurutucuda daha az olduğu belirtilmiştir. Bir kalite parametresi olan renk değerleri sonuçları incelendiğinde ise en yüksek L^* ve en düşük a^*/b^* oranının konvektif tip kurutucuda 1 m/s hava hızında ve 70° C'de olduğu belirlenmiştir. UV-konvektif tip kurutucuda ise en yüksek L^* ve en düşük a^*/b^* oranı, 1.5 m/s hava hızında ve 80° C'de olduğu gözlemlenmiştir.

Önay (2002) yaptığı çalışmasında, farklı ağaçlar üzerinde yaşamakta olan ökse otu bitkisinde biyokimyasal değişimleri incelemiştir. Yapmış olduğu çalışma da ökse otlarını gölgede ve oda sıcaklığında kurutmuştur. Taze ökse otlarını saklamak için sıvı

azotla şok dondurma (-20° C) de yapmıştır. Yaptığı çalışmanın sonunda farklı konakçılara sahip ökse otlarının antioksidan içeriğinin de değiştiğini belirtmiştir.

3.8 Ökse otundan biyoaktif bileşenler

3.8.1 Antioksidanlar

İnsan sağlığı için önemli olan antioksidanlar meyve ve sebzelerde bol miktarda bulunmaktadır. Oksijen, reaktif partikülleri olan süperoksit, hidrojen peroksit, singlet oksijen ve hidroksil radikallerine metabolik işlemler sırasında dönüşebilmektedir. Bu reaktif partiküllerin tamamı ‘aktif oksijen’ olarak bilinmektedir. Canlı hücrelerde bulunan süperoksit dismutaz enzimi süperoksiti hidrojen perokside dönüştürmektedir. Biyolojik membranı geçebilme özelliğine sahip reaktif partikül hidrojen peroksittir. Lipit peroksitler, oksijen radikalının ve hidroksil radikalının fazla miktarda üretimi lipit hücre membranlarıyla etkileşme sonucu oluşmaktadır. Hidroksil radikalının reaktif olma sebebi canlı hücrelerdeki neredeyse tüm moleküllerle birleşebilmesinden kaynaklanmaktadır. Aktif oksijenden hidroksil radikalının oluşumu, demir ve bakır gibi metal iyonlarının katalizörlüğünde gerçekleşmektedir. Bakır/H₂O₂ sisteminin proteinler ile DNA’da ciddi hasarlar oluşturduğu deney yoluyla kanıtlanmıştır. Lipit peroksidasyonu, membranların işlevini kaybetmesine, sonuçta hücre nekrozuna ve ölümüne sebep olmaktadır.

Hidroksil radikalleri ise DNA’daki bazlarla etkileşim göstererek, mutasyonlara neden olmaktadır. Reaktif oksijen partikülü, eklem romatizması, katarakt ve kanser gibi bazı kronik hastalıkların etkenidir. Antioksidanların, vücutta oksidatif strese bağlı olarak oluşan hasarları önemli düzeyde azalttığı bilinmektedir (Başer, 2003). Antioksidanlar hidrojen atomu vericisi olarak etki gösterdikleri için zincir oluşturan radikalleri daha az reaktif partiküllere çevirmektedir. Bu şekilde oluşan antioksidan radikali, oksijen atomu ile aromatik halka üzerindeki çiftlenmemiş elektronun yer değiştirmesiyle stabilize olmaktadır (Kahkönen ve diğ. 1999).

Antioksidanlar, lipit peroksidasyonun proteinlerle çapraz bağlanması ve DNA mutasyonu sonucu meydana gelebilecek doku hasarındaki etkileri engellemektedirler. Serbest radikaller, kansere de sebep oldukları için çoğu antioksidan maddeler kanseri

başlangıçta durdurmakta ve tümör gelişimini önlemektedirler. Fenolik antioksidanlar, koroner kalp yetmezliğinin de etkilerinde önleyici rol oynarlar (Summanen ve diğ. 2001).

3.8.1.1 Antioksidan Aktivite Ölçüm Yöntemleri

Gıdaların antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi sırasında çok fazla yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler iki grup altında toplanmaktadır. Bunlar; hidrojen atomu transferi (HAT, Hydrogen Atom Transfer) ve elektron transferi (ET, Electron Transfer)

1- Hidrojen Atomu Transferi Yöntemi (HAT): Bu yöntemde antioksidan aktivite ölçülme şekli serbest radikallerin antioksidan maddenin hidrojen atomu ile etkisiz hale gelmesi sonucu belirlenir.

2- Elektron Transferi Yöntemi (ET): Bu yöntemde potansiyel antioksidanların elektron transfer etmesiyle metal, karbonil ve radikal içeren bileşiklerin indirgenmesine dayanan bir yöntemdir (Prior ve diğ., 2005).

Bu çalışmada, DPPH yöntemi ile çalışıldığından aşağıda bu yönteme özetle değinilmektedir.

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemi gıdaların antioksidan aktivite değerlerinin belirlenmesi esnasında kullanılan bir yöntemdir. DPPH, menekşe rengine sahiptir. Ancak analiz sırasında menekşe rengi antioksidan madde tarafından indirgenerek sarı renk almaktadır. DPPH analizinin uygulanması esaslı belirli bir oranda DPPH çözeltisi ve örnek çözeltisinin karıştırılmasından sonra absorbans sabitleninceye kadar belli bir süre karanlıkta bekletilir ve süre sonunda 515-517 nm' de dalga boyunda absorbans değeri okunur. İndirgenme reaksiyonu devam ettikçe antioksidan varlığının etkisiyle çözeltinin rengi açılma meydana gelmektedir (Huang ve diğ. 2005).

3.8.2 Askorbik Asit (C vitamini)

Askorbik asit (C vitamini) beslenmemiz için gerekli bir vitamin çeşididir. C vitamini eksikliğinde kılcal damar çeperlerinin zayıflama, diş eti hastalıkları ve eklem hastalıklarına sebep olmaktadır. C vitamini birçok hastalığa karşı vücut direncini arttırmakta ve korumaktadır. C vitamini fazlası vücutta depo edilmez ve direkt olarak dışarı atılır (Erentürk, 2002).

C vitamini depolama pişirilme işlemleri sırasında en çok kayba uğrayan maddedir. Bundan dolayı gıdalarda olumsuz etkinin belirlenmesinde C vitamini kayıpları önemli bir ölçektir (Erentürk, 2002).

3.8.3 Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerin normal gelişme sürecinde stres koşullarının (enfeksiyon, UV, yaralanma vb.) oluşmasıyla sentezlenen ikinci metabolitlerdir. Meyvelerin oksidatif stabilitesinde ve duyuşsal özelliklerinde (renk, burukluk ve lezzet gibi) etkili olan fenolik bileşikler; fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır (Naczk ve Shahidi, 2004). Fenolik bileşiklerin birçoğunun antioksidan özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Redoks özelliklerine sahip olduklarından dolayı antioksidan özellik göstermektedir (Rice-Evans ve diğ., 1995). Meyve ve sebzelerde çok fazla bulunan fenolik bileşikler serbest radikalleri yakalama özelliğine sahip antioksidatif etki gösteren güçlü antioksidanlar olarak bilinmektedirler. Buna ek olarak, lipit peroksidasyonunu katalizleyen metallerle şelat oluşturma özelliğine de sahiptirler (Kris-Etherton ve diğ., 2002). Meyve ve sebzelerin epidemiyolojik alanda yapılan çalışmalara göre kanser ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkilerinin olduğundan söz edilmektedir (Arts ve Hollman 2009).

4. PAKETLEME/AMBALAJLAMA TEKNİKLERİ

Gıda sanayinde paketlenme/ambalajlama; paketlenen gıdaların, en az toplam maliyetle son tüketiciye bozulmadan güvenli bir şekilde ulaşımını ve tanıtımını gerçekleştiren bir araç olarak tanımlanmaktadır. Ambalaj ürünü koruyan, ürünün dayanıklılığını arttıran, uzak mesafelere taşınma kolaylığı sağlayan, ürünü tanıtan ve ürünün içeriği ile ilgili bilgiler veren ve tüketiciyi satın alırken bilgilendirici etkilere sahiptir (Erkan, 2004).

Ambalajların geçirgenlik özelliği ile ilişkili olarak ürünlerin gösterdikleri reaksiyonlar değişmektedir. Oksijen, karbondioksit, ışık, aroma ve koku geçirgenliği bazı mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel değişimlere neden olmaktadır. Paket içine oksijen girişi oksidasyona sebep olur ve aerobik mikroorganizmaların üremesini uyarır; oksijen çıkışı ise redoks potansiyelinin değişmesine, aerobik mikroorganizma gelişimini durdurmaya ve renk kusurlarının oluşmasına neden olmaktadır. (Erkan, 2004).

4.1 Modifiye Atmosferde Paketlenme (MAP) İşlemi

Modifiye atmosferde paketlenme (MAP) kullanımı özellikle taze ve az işlem görmüş ürünlerin muhafazasında kullanılan bir yöntemdir (Luño ve diğ., 2000; Patsias ve diğ., 2006). Modifiye atmosferde paketlenme tekniği gıdalarda raf ömrünü uzatmak, mikrobiyolojik faaliyeti azaltmak ve enzimlerin bozuculuğunu önlemek gibi önemli etkileri vardır (Porat ve diğ., 2004).

Modifiye atmosferde paketlenme (MAP) uygulaması paket içinde bulunan gaz bileşiminin değiştirilmesine göre ikiye ayrılır. Bunlar; pasif modifikasyon veya aktif modifikasyon olarak geçen değiştirme işlemidir.

Pasif Modifikasyon: Bu paketlenme tekniğinde, ambalajdaki gaz atmosferinin bileşiminin elde edilmesi ürünün solunumu ile gerçekleşir. Pasif modifikasyon, dışarıdan herhangi bir müdahalede bulunmaksızın ambalaj içerisinde kendiliğinden oluşur. (Caleb ve diğ. 2012).

Aktif Modifikasyon: Bu paketlenme tekniğinde, paket içerisinde istenen gaz karışımını oluşturmak için dışarıdan bir müdahale (gaz boşaltma, gaz verme vb.) gerektirmektedir (Caleb ve diğ. 2012).

Modifiye atmosferde paketleme uygulamalarının avantajları ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır (Bingöl, 2009).

MAP'ın avantajları;

- Daha uzun raf ömrü
- Ürünün daha uzun dayanması ve uzak mesafelere dağıtılması
- Yüksek kaliteli ürün tedariki
- Merkezi paketleme ve porsiyon kontrolü
- Düzgün bir sunum ve temiz bir görünüm
- Kimyasal katkı maddesi ihtiyacını minimuma indirmek ya da kullanmamak

MAP'ın dezavantajları;

- Maliyete ek getiri
- Isı kontrolü sağlanmalıdır
- Her ürün için farklı gaz kombinasyonu bilinmeli ve ayarlanmalıdır
- Ürün güvenliği kurulmalıdır.
- Paket açılırsa veya sızıntı olursa paketlemedeki etkilerin hiçbir anlamı kalmaz
- Paketlerin bombaj yapması durumunda perakende satışlarda istenmeyen görünüm oluşmaktadır.

4.1.1 Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Uygulamalarında Kullanılan Gazlar

Modifiye atmosfer paketleme uygulamasında kullanılan gazlar ve gaz karışımları gıdanın çeşidine göre farklılık göstermektedir. MAP'ta kullanılan başlıca ve üç önemli gaz vardır. Bunlar; azot (N₂), oksijen (O₂) ve karbondioksit (CO₂)' tir.

Nitrojen (N₂): MAP de kullanılan bir gaz çeşidi olan N₂ gazının özellikleri kokusuz, tatsız ve inert bir gaz olmasıdır. Bir diğer özelliği ise yağda ve suda çözünebilen bir gaz çeşidi olmasıdır. Diğer gazlarla kıyaslandığı zaman gıdanın içerisine veya paketin dışına çıkmaya daha az meyil gösteren bir gazdır. Aerobik mikroorganizmaların üremesini engellemek ve lezzet bozulmasını (oksidatif ransiditeyi) engellemek için

genellikle oksijenin yerine paketlemelerde kullanılan bir gazdır. Gıdanın paket içerisinde ezilme ve yapışmasını önleyerek paket bütünlüğünü korumaktadır (Çelik, 2019).

Oksijen (O_2): Oksijen gıdalar üzerinde pek çok etkisi bulunan çok önemli bir gazdır. Oksijen varlığı anaerobik (oksijensiz ortamda gelişen) mikroorganizmaların gelişmesini engellerken aerobik (oksijenli ortamda gelişen) mikroorganizmaların gelişimini destekleyen bir gaz çeşididir. Ayrıca MAP tekniğinde oksijenin kullanılmama sebebi katı ve sıvı yağların okside olmasına yol açması, meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını hızlandırması, gıdalarda istenmeyen renk değişimlerine sebep olmasından dolayıdır (Çelik, 2019).

Karbondioksit (CO_2): MAP'da kullanılan bir diğer gaz ise CO_2 'dir. CO_2 özellikleri arasında renksiz, kokusuz, yanıcı ve toksik olmayan bir gaz olması yer alır. Aynı zamanda olan sahip olduğu bir diğer özelliği suda ve yağda çözünebiliyor olmasıdır. MAP ile paketlenen gıdalar düşük sıcaklıklarda depolandığı zaman bakteri gelişimini belirli bir süre için küf gelişimini ise uzun bir süre engellemektedir. Gıdanın bulunduğu ortamın su aktivitesi değerinin azalması, CO_2 'nin organizmalar üzerindeki yok edici etkisini arttırmaktadır. Gıdanın CO_2 içine çekme eğilimi gıdadaki nem ve yağ miktarına bağlı olarak değişmektedir. Gıda aşırı absorpsiyon oluşması halinde ürün vakum ambalajlı bir görüntü almaktadır. Bu durumdan paket çökmesi (pack collapse) olarak bilinmektedir (Bingöl, 2009).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1 Materyal

5.1.1 Kurutma Denemelerinde Kullanılan Ökse Otu Yaprakları

Biyoaktif bileşenler açısından zengin bir ot olan ökse otunun (*Viscum album* L.) yaprakları kurutma denemelerinde kullanılmıştır. Görsel olarak taze, aynı boyutlarda ve aynı cins ağaç üzerinden olmasına dikkat edilerek Muğla'nın Fethiye ilçesinde Kırkpınar mevkiinde bulunan çam ağaçlarından toplanmıştır. Şekil 5.1'de ağaç üzerinde ökse otlarının fotoğrafı verilmiştir. Şekil 5.2'de ağaç üzerinden toplandıktan sonra meyvelerinde ve sapından ayrılmadan önce ökse otu yapraklarının fotoğrafı verilmiştir. Toplanan ökse otları, kurutma işlemlerinin gerçekleştirildiği Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne soğuk koşullarda ve seri bir şekilde getirilmiştir. Ökse otu yaprakları mümkün olduğu derecede eşit boylarda seçilerek kurutma işlemine kadar buzdolabı sıcaklığında saklanmıştır.



Şekil 5.1: Ağaç üzerindeki ökse otları



Şekil 5.2: Temin edilen ökse otu yaprakları

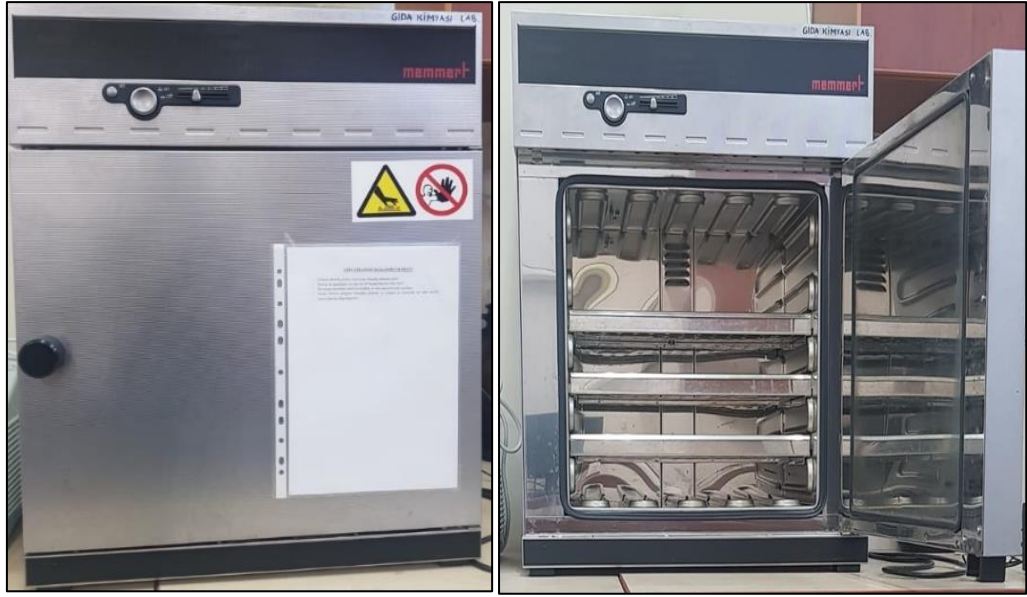
Denemelerde kullanılan ökse otu yapraklarının, kurutma işlemine başlamadan önce ilk nem içeriği, etüv de 24 saat süre boyunca 100°C sıcaklıkta bekletilmesiyle bulunmuştur. Bu analiz sonucunda ökse otu yapraklarının kuru madde miktarı %9.845 olarak belirlenmiştir. Ayrıca ilk nem içeriği değeri de 1.544 kg su/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Su aktivitesinin başlangıç değeri 0.840 olarak ölçülmüştür.

5.2 Denemelerde Kullanılan Makine Ekipmanlar ve Ölçüm Cihazları

5.2.1 Denemelerde Kullanılan Makine Ekipmanlar

5.2.1.1 Kondüksiyon Tipi Kurutucu (Etüv)

Ökse otu yaprakları, bölüm laboratuvarında bulunan etüvde (Memmert UNB 400, Germany) kurutulmuştur. Kurutma işleminin gerçekleştirildiği sistem olan etüvün genel görünümü Şekil 5.3'te ve etüve ait teknik özellikler Tablo 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.3: Etüvün genel görünümü

Tablo 5.1: Etüvün teknik özellikleri

Özellikler	Değerler
Dış Genişlik	550 mm
Dış Derinlik	480 mm
Dış Yükseklik	680 mm
Kabin İç Boyutları	400 x 400 x 330 mm
Sıcaklık Aralığı	5°C - 220°C
Programlama	Kabin içindeki sıcaklık dijital olarak ayarlanır ve izlenebilir.
Tepsi Özellikleri	Paslanmaz çelik sabit olmayan 3 adet tepsi

5.2.1.2 Test Kabini

Ökse otu yaprakları, bölüm laboratuvarında bulunan test kabini (Nüve TK 120 Test Kabini) depolanmıştır. Depolama işleminin gerçekleştiği test kabini genel görünümü Şekil 5.4'te ve teknik özellikler ise Tablo 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.4: Test kabinin genel görünümü

Tablo 5.2: Test kabinin teknik özellikleri

Özellikler	Değerler
Hücre Hacmi/litre	120
Sıcaklık Ayar Aralığı (Nemsiz Çalışma)	-10°C / +60°C (Işıklar kapalı) 0°C / +60°C (Işıklar açık)
Sıcaklık Ayar Aralığı (Nemli Çalışma)	+10°C / +60°C
Nem Ayar Aralığı	%20 / %95 RH
Sıcaklık Ayar ve Okuma Hassasiyeti	0,1°C
Nem Ayar ve Okuma Hassasiyeti	%1 RH.
Azami Işık Şiddeti, lux	6.000
Zamanlayıcı	1-999 saat 59 dakika ve süresiz pozisyonu
Aydınlatma Zamanlayıcısı	0-24 saat
Program Hafızası	10
Basamak Sayısı	1-9
Program Tekrar Sayısı	1-99
Raf Sayısı (Standart/ Maksimum), Adet	2 / 16
İç Yüzey Yapısı	Paslanmaz çelik

Tablo 5.2 (Devam): Test kabininin teknik özellikleri

Özellikler	Değerler
Dış Yüzey Yapısı	Elektrostatik Toz Boyalı Paslanmaz Çelik Saç
Kurulu Güç	1400 W
Güç Değerleri	230 V - 50 Hz
İç Ölçüler (GxDxY) mm	480x545x600
Dış Ölçüler (GxDxY) mm	680x820x1150
Paket Ölçüleri (GxDxY) mm	770 x 880 x 1330
Net / Paketli Ağırlık, kg	125 /148

5.2.1.3 Denemelerde Kullanılan Ölçüm Cihazları

Kurutma işlemlerinin gerçekleştiği süre boyunca örneklerin ağırlıkları, 0.01 g hassasiyetli elektronik terazi (Denver Instrument, Model No: TP-3002, Almanya ve Radwag, Model No: PS 750.R2) ile ölçülmüştür. Su aktivite değerleri, su aktivite ölçüm cihazı (GBX, Fast-Lab, Fransa) kullanılarak belirlenmiştir. Renk değerleri ise, renk ölçüm cihazı (Colorimeter, Model: PCE-CSM1) ile belirlenmiştir. Denemelerde kullanılan ölçüm aletlerinin fotoğrafları Şekil 5.5-5.6-5.7’de gösterilmiştir



Şekil 5.5: Tepsilerin tartıldığı terazi



Şekil 5.6: Su aktivitesi ölçüm cihazı

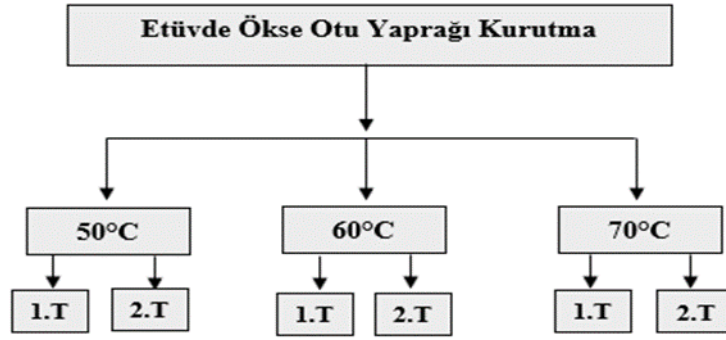


Şekil 5.7: Renk ölçüm cihazı

5.3 Metot

5.3.1 Etüvde Ökse Otu Yaprağı Kurutma

Etüv de ökse otu yaprağını kurutma işlemi Şekil 5.9'daki gösterilen şemaya göre yapılmıştır. Kurutma işlemleri, üç farklı sıcaklıkta (50, 60 ve 70°C) iki tekrarlı ve iki paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.8: Etüvde ökse otu yaprağı kurutma işlem planı

Etüvde gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde her bir sıcaklık derecesi için yaklaşık olarak 300 g ökse otu yaprağı örneği kullanılmıştır. Örneğin, 50°C'de gerçekleştirilecek olan kurutma işlemi için hazırlık ve kurutma aşamaları yürütülme sırası şu şekildedir. Kurutma işlemine başlamadan en az 30 dakika önce seçilen ökse otu yaprakları (300 g) buzdolabından çıkarılarak sıcaklığının oda sıcaklığına gelmesi için bekletilir. Ökse otu yaprakları, boyutlarına göre sınıflandırıldıktan sonra örneklerin bir miktarı alınıp başlangıç biyoaktif bileşen miktarları ile birlikte kuru madde miktarı, su aktivite ve renk değerleri belirlenmiştir. Geriye kalan örnek kurutma tepsilerine (Şekil 5.9) tek tabaka halinde yerleştirilip Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan bir etüv de 50°C'de kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kurutmanın başlangıcından itibaren tartım için kullanılan tepsi her saatte bir kurutucudan çıkarılarak tartılmış ve tartım sonuçları kaydedilmiştir. Kurutma işlemleri, hedeflenen su aktivite değerine (<0.4) kadar devam etmiştir. Kurutma sonrası örnekler (Şekil 5.10) öncelikle oda sıcaklığında 30 dakika, akabinde +4°C'de 1 saat

tutularak soğutulmuştur, ürün daha sonra -20°C 'de dondurulmuştur. Bu işlemler sırasında ve kabindeki kurutma boyunca (her saatte bir) alınacak örneklerde biyoaktif bileşen analizleri ve renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.9: Kurutma tepsisine tek tabaka halinde dizilmiş ökse otu yaprakları



Şekil 5.10: Kurutulmuş ökse otu yaprakları

5.3.1.1 Kurutulmuş ökse otu yapraklarının depolanması

Ökse otu yaprakları, boyutlarına göre sınıflandırıldıktan sonra kurutma tepelerine tek tabaka halinde yerleştirilip kurutma kabini içinde (Memmert UN110, Germany) 60°C'de kurutulmuştur. Kurutma işlemi, hedeflenen su aktivite değerine (<0.4) kadar devam etmiştir. Kurutma işlemi sonunda, kurutulmuş ökse otu yaprakları 100 g'lık düşük yoğunluklu polietilen torbalarda normal atmosferde ve modifiye atmosfer teknikleri ile paketlenmiştir. AP: hava ile paketlenmiş (%20,4 O₂ + %0,83 CO₂ + %78,77N₂); MAP1: %30 CO₂ + %70 N₂ ile paketlenmiş; MAP2: %100 N₂ ile paketlenmiştir. Bu numuneler, yarı otomatik bir paketleme makinesi (DZ-260Seles, Wenzhou Xingye Machinery Equipment Co. Ltd., Beijing, Çin) kullanılarak paketlenmiştir. Kurutulmuş ökse otu yaprakları Şekil 5.11 (a)'da görülen vakum cihazı mekanizması ve Şekil 5.11 (b)'de görülen gaz tüpleri sisteminin birleştirilmesi ile paketlenmiştir. Paketlenen örnekler (Şekil 5.12), 2 farklı depo sıcaklığında (4 ve 25°C) 4 ay süre ile test kabini içinde (NUVE TK120, Turkey) (Şekil 5.13) depolanmıştır. Depolama süresince her ay ürünlerin su aktivitesi, renk değerleri (L*,a*,b*, C, H°, ΔE), toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite ve askorbik asit içerikleri belirlenerek, bu kriterlerin değişimi belirlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 5.11: (a) Vakum cihazı (b) Cihazın gaz tüpleri



(A)

(B)

(C)

Şekil 5.12: Kurutulmuş ökse otu yapraklarının paketlenmiş hali
(A):AP; (B): %70 MAP 1; (C): %100 MAP 2)



Şekil 5.13: Paketlenmiş ökse otu yapraklarının test kabine yerleştirilmiş hali

5.3.2 Analiz Yöntemleri

5.3.2.1 Toplam Kuru Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, ökse otu yapraklarının kuru madde miktarları, etüvde 100°C sıcaklıkta sabit tartıma ulaşıncaya kadar kurutulmasıyla hesaplanmıştır (Anon., 1995). Örneklerin % kuru madde miktarı eşitlik 4.1 yardımıyla hesaplanmıştır

$$(\text{Kuru madde } \%) = 100 - ((a - b)/a * 100) \quad (4.1)$$

a: Kurutma öncesi örnek ağırlığı (g)

b: Kurutma sonrası örnek ağırlığı (g)

5.3.2.2 Renk Değerlerinin Belirlenmesi

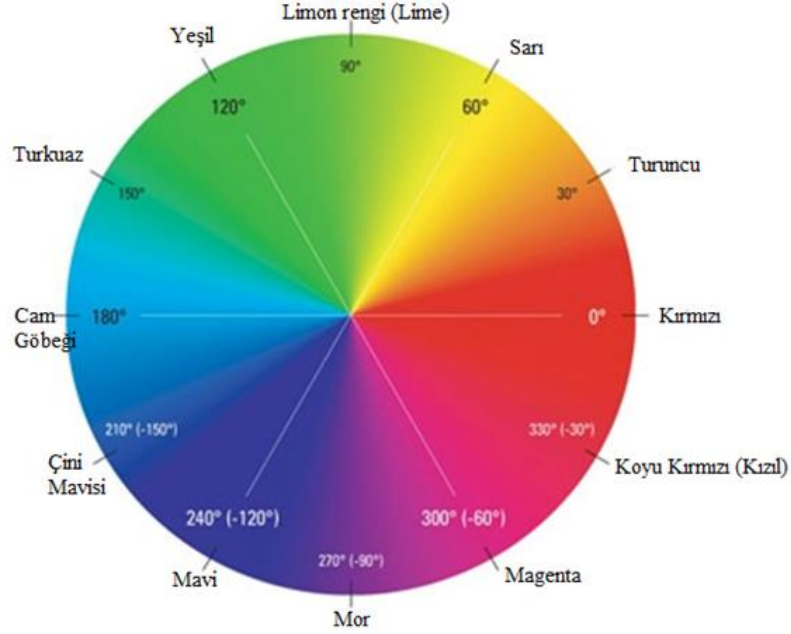
Ökse otu yapraklarında kurutma işleminin sebep olduğu renk değişimlerini incelemek için kurutma süresi boyunca belli aralıklarla alınan örneklerin renk değerleri, renk ölçüm cihazı (Colorimeter, Model: PCE-CSM1, Almanya) ile ölçülmüştür. Cihaz da L*, a* ve b* renk koordinat sisteminde L değeri renk parlaklığını ifade eder ve 0 ile 100 arasında değer almaktadır. a ve b değerleri ise belirli bir ölçüm skalasına sahip olmayıp, a değerinin pozitif olması kırmızı, negatif olması ise yeşil rengi ifade eder, b değerinin pozitif olması sarı, negatif olması ise mavi rengi temsil etmektedir (Anon., 1996).

Renk ölçümleri sonucunda elde edilen renk değerleri olan L*, a* ve b* değerleri insanlar tarafından doğrudan algılanan renk olguları değildir. Bu değerlerden insanlar tarafından direk algılanan değerler renk tonu açıklığı anlamına gelen Hue açısı (Hue Angle), kroma değeri (Chroma) ve toplam renk sapması (ΔE) gibi renk değerleridir. Bu değerler sırasıyla eşitlik 4.2, 4.3 ve 4.4 formülleri ile hesaplanmıştır. Hue açısı bir renk dairesi olarak tanımlanmaktadır. Bu renk skalasında 0°-270° açı değerlerinde kırmızı-mor renkleri, 60° açı değerinde sarı rengi, 240°-120° açı değerleri ise mavi ve yeşil renkleri ifade etmektedir. Şekil 5.14'te bu renk skalası açı değerleri ile birlikte detaylı olarak verilmiştir. Kroma değeri ise rengin doygunluğunu göstermektedir. Kroma değeri canlı renklerde yüksekken donuk renklerde düşüktür.

$$\text{Hue Açısı} = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (4.2)$$

$$Kroma = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (4.3)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (4.4)$$



Şekil 5.14: Renklere ait Hue açısı değerleri

5.3.2.3 Su Aktivitesi Tayini

Taze ve kurutulmuş haldeki ökse otu yapraklarının su aktiviteleri ± 0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Fast-lab, Model: GBX, Fransa) kullanılarak saptanmıştır. Su aktivite değerinin ölçülmesi için öncelikle yaklaşık 3-4 g parçalanmış ökse otu yaprağı cihazın paslanmaz çelikten yapılmış sızdırmaz haznesine yerleştirilmiştir ve cihazın otomatik olarak okuyup sonuç vermesi beklenmiş ve alınan sonuç kaydedilmiştir. Cihazda su aktivitesi değerinin okunması ortalama 5 dakika sürmektedir.

5.3.2.4 Biyoaktif Bileşen Madde Analizleri

5.3.2.4.1 Askorbik Asit Miktarının Belirlenmesi

Ekstraksiyon

Ekstraksiyon yöntemi, Giovanelli ve diğ. (2002) tarafından önerilen yöntemin modifiye edilerek kullanılmış halidir. Modifiye edilen yöntemin uygulama şekli; taze ve kuru ökse otu yaprakları blenderden geçirilip toz haline getirildikten (Şekil 5.15) sonra, 1:10 (ağırlık/hacim) oranında olacak şekilde ultra saf suyla karıştırılmıştır. Bu karışım polipropilenden yapılmış santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Santrifüj tüplerine aktarılan karışım 4°C’de 9000 rpm’de 15 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Bu sürenin sonunda santrifüj tüplerinde faz ayrımı gerçekleşmiş ve tüpün üst kısmında toplanan süpernatantlar Pasteur pipeti ile amber şişelere aktarılmıştır. Amber şişeler içerisinde toplanan süpernatantlar, HPLC cihazına enjekte edilmeden önce 0.45µm’lik membran filtreden geçirilmiştir.



Şekil 5.15: Öğütülmüş ökse otları

Tanımlama

Askorbik asidin tanımlanabilmesi ve miktarının bulunması için (Şekil 5.16) “yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)” cihazı (Shimadzu LC-20AD, Kyoto, Japonya) kullanılmıştır. HPLC cihazı oluştuğu bölümler; 4’lü pompa (quarternary pump), UV dedektör, gaz giderici (degasser) ve kolon fırın. Analiz sonucunda elde edilen kromatogramlar “Shimadzu LC Solution” yazılım programı ile değerlendirilmiştir.

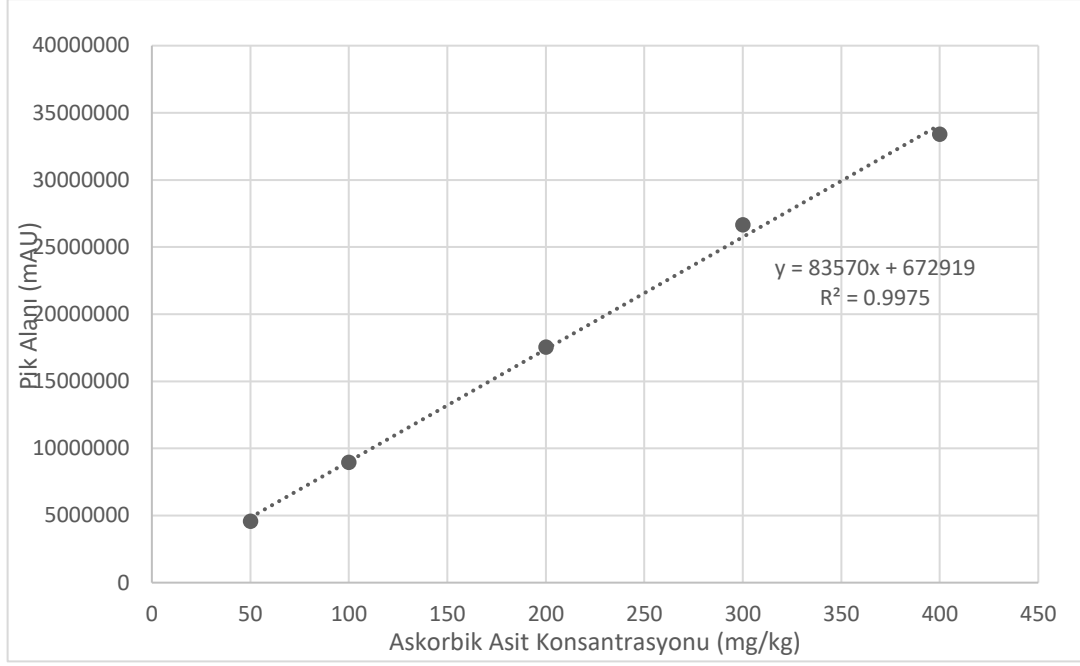


Şekil 5.16: HPLC cihazı

Kromatografi Koşulları

- Kolon: C-18 kolonu (250 x 4.6mm ID, 5 μ m) (ACE, Aberdeen, İskoçya)
- Akış hızı: 0.5 mL/dak
- Elüsyon süresi: 15 dak
- Enjeksiyon hacmi: 20 μ L
- Dalga boyu: 254 nm
- Hareketli faz (Mobile phase): H₃PO₄ ile pH'sı 3'e ayarlanmış su
- Kolon fırın sıcaklığı: 35°C

Kromatogramlardan elde edilen Askorbik asit pikleri, Askorbik asit standardının geliş süresi ve UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Ökse otu yaprağındaki Askorbik asit miktarı, Askorbik asit standardından hazırlanmış olan standart eğrisi üzerinden hesaplanmıştır. Askorbik asit standardına ait kalibrasyon eğrisi Şekil 5.17'de verilmiştir. Analizler 2 tekrar ve 2 paralel olarak yürütülmüştür.



Şekil 5.17: Askorbik asit standart eğrisi

5.3.2.4.2 Antioksidan (DPPH) Analizi

Ekstraksiyon

Antioksidan ekstraksiyonunda Thaipon ve diğ. (2006) tarafından kullanılan yöntemde modifikasyonlar yapılmıştır. Modifiye yöntem özetle şu basamakları içermektedir: homojenize edilmiş ökse otu yapraklarında 2 g tartılıp 50 ml'lik bir santrifüj tüpüne alınmıştır. Üzerine 20 ml etil alkol ilave edilmiştir. Daha sonra santrifüj tüpü 1 dakika boyunca vortekslenmiştir. Bu işlemden sonra tüp, 9000 rpm de 4°C'de 15 dakika santrifüj işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 5.17). Ekstraksiyon sonunda elde edilen süpernatantlar amber şişede toplanmıştır.



Şekil 5.18: Ekstrakte edilmiş süpernatant toplanmamış ökse otu yaprağı

Tanımlama

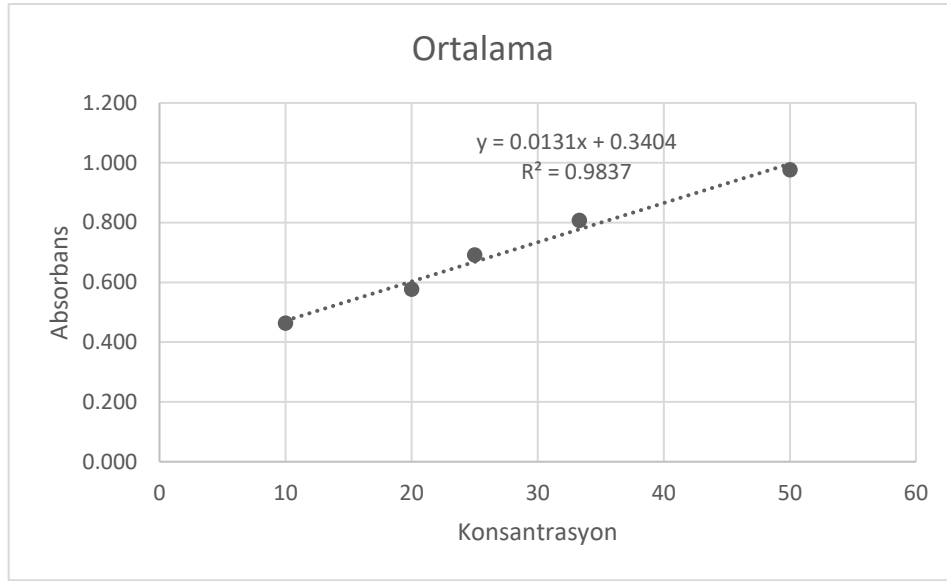
Kurutulmuş ökse otu yapraklarında antioksidan aktivite tayini, DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemine göre spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmiştir. Analizler için ökse otu yapraklarında etanol ekstraktı kullanılmıştır (1:10 ökse otu yaprakları: etanol). DPPH çözeltisi hazırlanırken, DPPH, metanol kullanılarak 515 nm’de absorbansı 1.1 olacak şekilde hazırlanmaktadır. 150 µL örnek üzerine 2850 µL DPPH eklenerek üzeri parafilm ile kapatılmış ve 1 saat oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir (Şekil 5.19). Süre sonunda örneklerin absorbansı spektrofotometrede (EMC-11-UV Spectrophotometer, Duisburg, Almanya) (Şekil 5.20) 515 nm’de okunmuştur. Sonuçlar, troloks (Sigma Aldrich) standart eğrisinden çıkarılan denkleme göre hesaplanarak mmol troloks eşdeğeri (mmol TE) / 100 g KM cinsinden hesaplanmıştır. Troloks kalibrasyon eğrisi şekil 5.21’de verilmiş olup, analizler 2 tekrar ve 2 paralel olacak şekilde yürütülmüştür.



Şekil 5.19: Ekstraksiyon üzerine DPPH eklenerek karanlıkta bekletilen örnekler



Şekil 5.20: Spektrofotometre

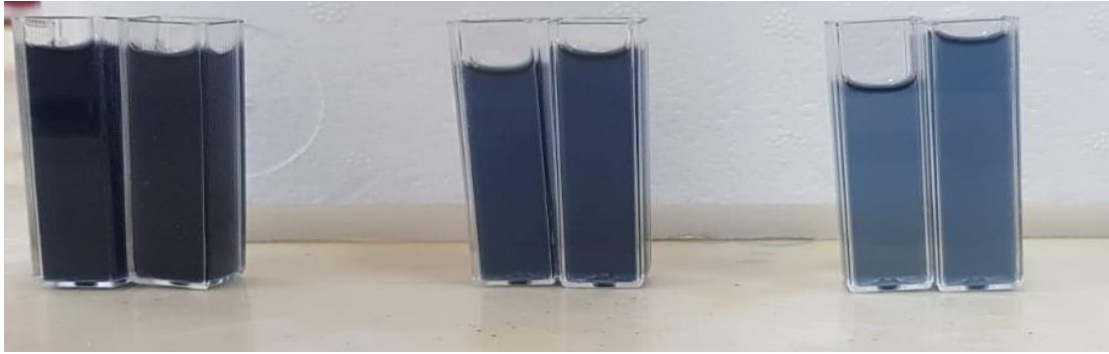


Şekil 5.21: Troluks standart eğrisi

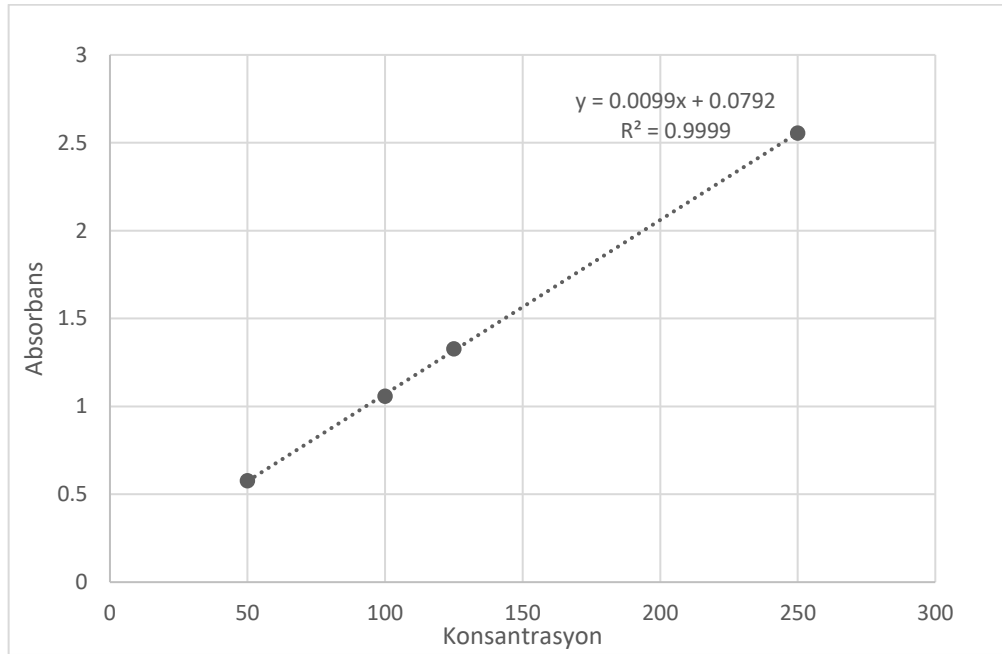
5.3.2.4.3 Toplam Fenolik Madde Analizi

Analizler için ökse otu yapraklarında etanol ekstraktı kullanılmıştır (1:10 ökse otu yaprakları: etanol). Vernon ve diğ. (1999) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Modifiye edilmiş yöntem de ekstraktan 1000 μL alınıp üzerine 5000 μL Folin-Ciocalteu çözeltisi (1:10, Folin-Ciocalteu reaktifi: Ultra saf su) eklenerek 1-8 dakika bekletilmiştir. Daha sonra bu karışımın üzerine 4000 μL %75'lik sodyum

bikarbonat çözeltisi eklenerek 1 saat karanlıkta ve oda sıcaklığında bekletilmiştir (Şekil 5.22). Bekleme süresinin sonunda örneklerin absorbanansı 760 nm’de spektrofotometre cihazında okunmuştur. Standart gallik asit eğrisinden elde edilen denkleme göre örneklerin toplam fenolik madde içeriği hesaplanmış olup, sonuçlar mg gallik asit eş değeri (GAE)/100 g kuru madde (KM) olarak verilmiştir. Sonuçların hesaplanması için standart gallik asit eğrisi hazırlanmış olup Şekil 5.23’te verilmiştir. Analizler 2 tekrar ve 2 paralel olarak yürütülmüştür.



Şekil 5.22: Ekstraksiyon üzerine Folin ve Sodyum karbonat eklenerek karanlıkta bekletilen örnekler



Şekil 5.23: Toplam fenolik madde için gallik asit standart eğrisi

5.4 Hesaplamalar

5.4.1 Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Hesaplamalar

5.4.1.1 Nem İçeriğinin Hesaplanması

Ökse otu yapraklarının kurutulmasında eşitlik 4.5'te verilen denkleme göre nem içeriği değerleri hesaplanmıştır;

$$M_t = (m - KM) / KM \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.5'te;

M_t : Herhangi bir t anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

m : Örneğin ağırlığı (g)

KM : Örneğin içerdiği kuru madde miktarı (g)'dir.

5.4.1.2 Kuruma Hızının Hesaplanması

Kuruma hızının hesaplanması nem içeriğine karşılık kuruma süresi eğrilerinin türevlerinin alınması ile hesaplanmıştır.

$$\text{Kuruma Hızı} = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (\text{kgsu} / \text{kg kuru madde dk.}) \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.6'de;

M_{t+dt} : t + dt anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

M_t : Herhangi bir t anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

dt : Kuruma zamanını (dk.) ifade etmektedir.

5.4.1.3 Nem Oranının Hesaplanması

Nem oranı Eşitlik 4.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$MR = (M_t - M_e) / (M_0 - M_e) \quad (4.7)$$

Burada;

MR: Nem oranı (birimsiz)

M_t : Herhangi bir t anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

M_e: Denge anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

M₀: Başlangıçtaki nem içeriğini (kg su / kg kuru madde) tanımlamaktadır.

M_e değeri gıdaların sıcak hava ile kurutulması işleminde *M_t* ve *M₀* ile kıyaslandığında çok küçük olduğu için sıfır alınabilmektedir (Maskan, 2001). Bu nedenle bu çalışmada *MR* değerleri hesaplanırken, *M_e* değeri sıfır alınmış ve işlemler o şekilde yapılmıştır.

5.5 Modelleme Çalışmaları

5.5.1 Kuruma Kinetiğine Ait Modelleme Çalışmaları

5.5.1.1 Page Model

Page model gıdaların kuruma kinetiğinin açıklanmasında çok tercih edilen bir modeldir, bu modelin hesaplanması eşitlik 4.8'de verilmiştir (Sarsavadia ve diğ., 1999).

$$MR = \exp(-kt^n) \quad (4.8)$$

Eşitlik 4.8'de

k: Kinetik sabit (dak.⁻¹)

n : Page modele ait katsayı

t : Kuruma zamanı (dakika) olarak tanımlanmıştır.

5.5.1.2 Henderson ve Pabis Model

Bir diğer model olan Henderson ve Pabis modeli, eşitlik 4.9'de verilmiştir.

$$MR = a e^{-kt} \quad (4.9)$$

Eşitlik 4.8'de

a : Katsayı (birimsiz)

k : Kinetik sabit (dk.⁻¹)

t : Kuruma zamanı (dk.) olarak tanımlanmıştır.

5.5.1.3 Lewis Model

Lewis modeli ise eşitlik 4.10'da verilmiştir.

$$MR = \exp(-kt) \quad (4.10)$$

Eşitlik 4.10'da

k : Kinetik sabit (dk.⁻¹)

t : Kuruma zamanı (dk.) olarak tanımlanmıştır.

5.5.1.4 Logaritmik Model

Logaritmik modelin hesaplanması eşitlik 4.11'de verilmiştir.

$$MR = a \exp(-kt) + b \quad (4.11)$$

Eşitlik 4.11'de

a : Katsayı (birimsiz)

b: Katsayı (birimsiz)

k: Kinetik sabit (dk.⁻¹)

t: Kuruma zamanı (dk.) olarak tanımlanmıştır.

5.5.2 Biyoaktif Bileşen Maddelerin Değişimlerinin İncelenmesi İçin Yapılan Modelleme Çalışmaları

5.5.2.1 Sıfırıncı Dereceden Kinetik Model

Sıfırıncı dereceden kinetik model eşitlik 4.12’de verilmiştir.

$$C = C_0 \pm kt \quad (4.12)$$

Eşitlik 4.12’de;

C: Herhangi bir *t* anındaki biyoaktif bileşen madde değeri

*C*₀: *t*=0 anındaki biyoaktif bileşen madde değeri

k: Kinetik sabit

t: Kuruma zamanını (dk.) ifade etmektedir.

5.5.2.2 Birinci Dereceden Kinetik Model

Birinci dereceden kinetik model eşitlik 4.13’te verilmiştir.

$$\ln C = \ln C_0 \pm kt \quad (4.13)$$

Eşitlik 4.13’te;

C: Herhangi bir *t* anındaki biyoaktif bileşen madde değeri

*C*₀: *t*=0 anındaki biyoaktif bileşen madde değeri

k: Kinetik sabit (dk.⁻¹)

t: Kuruma zamanını (dk.) tanımlamaktadır.

Eşitlik 4.12 ve 4.13' te belirtilen (+) ve (-) bozunma ve oluşma reaksiyonlarını temsil etmektedir (Maskan ve diğ., 2002).

5.5.2.3 İkinci Dereceden Kinetik Model

İkinci dereceden kinetik model eşitlik 4.14'te verilmiştir.

$$1/C = 1/C_0 \pm kt \quad (4.14)$$

C: Herhangi bir t anındaki biyoaktif bileşen madde değeri

C₀: t=0 anındaki biyoaktif bileşen madde değeri

k: Kinetik sabit (dk.⁻¹)

t: Kuruma zamanını (dk.) tanımlamaktadır.

5.5.3 Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklık derecesine bağımlılık düzeyi Q₁₀ ve aktivasyon enerjisinin (E_a) hesaplanmasıyla saptanmaktadır. Reaksiyon hızı ve sıcaklık arasındaki ilişki Arrhenius tarafından 1889'da tanımlanmış olup, bugün de geçerliliğini koruyan bu ifade Eşitlik 4.15'te verilmiştir.

$$k = k_0 * e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (4.15)$$

Eşitlik 4.15'te;

k: Kinetik sabit (dk.⁻¹)

k₀: Arrhenius sabiti veya frekans faktörü

E_a: Aktivasyon enerjisi (kJ mol⁻¹)

R: Gaz sabiti (8.314 x 10⁻³ kJ mol⁻¹ K⁻¹)

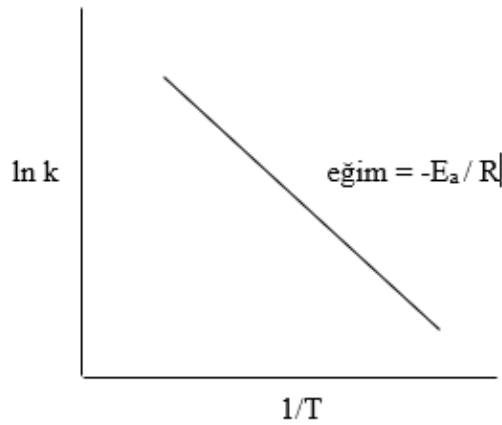
T: Sıcaklık (K)

Eşitlik 4.16 ile verilen Arrhenius bağıntısının logaritması alınarak,

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/RT \quad (4.16)$$

Eşitlik 4.15 elde edilir. Bu eşitlikten yararlanılarak aktivasyon enerjisi hesaplanır. $1/T - \ln k$ grafiği çizilerek (Şekil 5.24) elde edilen doğrunun eğiminden yararlanılarak ve Eşitlik 4.17 kullanılarak, E_a hesaplanır.

$$\text{eğim} = \frac{-E_a}{R} \quad (4.17)$$



Şekil 5.24: Arrhenius grafiği

5.5.4 Q₁₀ Değerinin Hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklığa bağımlılığını gösteren diğer bir kinetik katsayı olan Q₁₀ değeri, sıcaklığın 10°C yükseltilmesinin reaksiyon hızına etkisini gösteren bir kriter olup (Cemeroğlu vd., 2011), eşitlik 4.18'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_{10} = \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^{\frac{10}{T_2-T_1}} \quad (4.18)$$

k₁: T₁ sıcaklığındaki kinetik sabit (dak⁻¹)

k₂: T₂ sıcaklığındaki kinetik sabit (dak⁻¹)

T₁: Sıcaklık (K)

T₂: Sıcaklık (K)

5.5.5 Yarı Ömür Süresinin Hesaplanması

Yarı ömür süresi, biyoaktif bileşen maddelerin %50'sinin kaybı için gerekli süre olup (Cemeroğlu ve diğ., 2011), sıfırcı dereceden denklemler için Eşitlik 4.19, birinci dereceden olan tepkimeler için eşitlik 4.20'de sunulmuştur.

$$t_{1/2} = 0,693/k \quad (4.19)$$

$$t_{1/2} = -\frac{\ln(0,5)}{k} - 1 \quad (4.20)$$

5.6 Regresyon Analizleri

Karekök ortalamasının hatası (RMSE), model ile elde edilen tahmini değerler ile deneysel değerler arasındaki sapmayı göstermektedir. Ayrıca ki-kare (χ^2) değerinin azalması ile uyumun arttığı belirtilmektedir.

RMSE ve χ^2 değerleri eşitlik 4.21 ve eşitlik 4.22 ifadeleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Microsoft Excel programı kullanılmıştır.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tahmini,i} - MR_{deneysel,i})^2 \right]^{1/2} \quad (4.21)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{tahmini,i} - MR_{deneysel,i})^2}{N-n} \quad (4.22)$$

N: Deneysel veri sayısı

n: Kullanılan modeldeki katsayı sayısı

5.7 İstatiksel Analizler

İki paralelli ve iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilen denemeler sonucunda elde edilen veriler SPSS istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Ortalamaların farklılık düzeyi Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

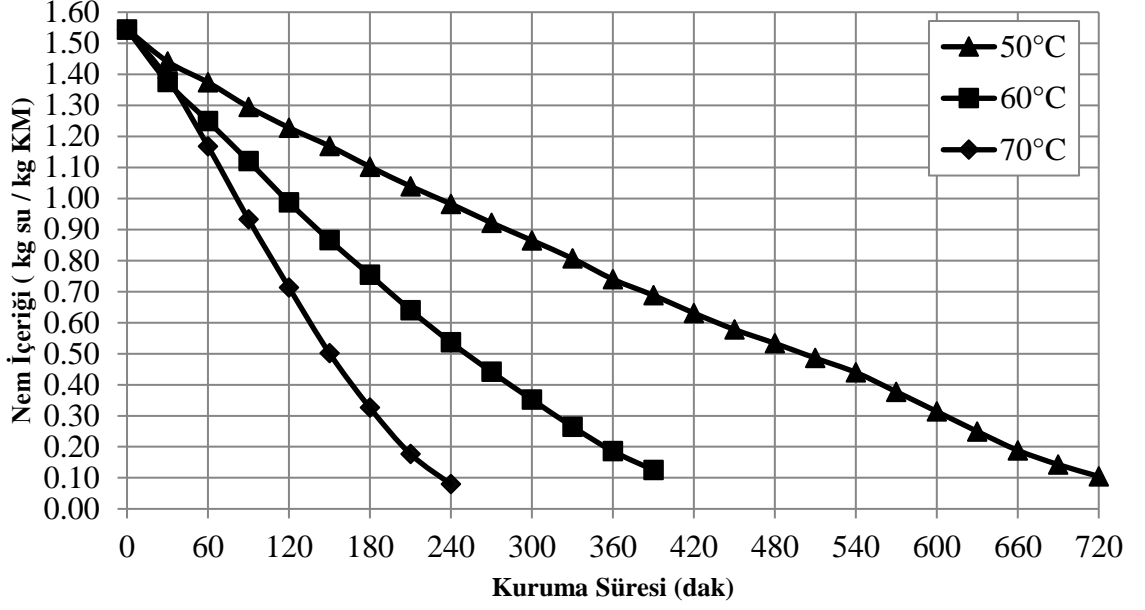
6.1 Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulması Üzerindeki Etkisi

6.1.1 Nem içeriği değişimi

Kurutma işleminde farklı sıcaklıkların nem içeriği üzerine etkisinin incelenmesi için, yaklaşık 25 g ökse otu yaprağı etüvde 3 farklı sıcaklık düzeyinde; 50, 60 ve 70 °C'de kurutulmuştur. Ökse otu yaprakları her 30 dakikada bir 0.01 g hassasiyetle tartılmış ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Çalışmada kullanılan ökse otu yapraklarının ortalama nem miktarları 1.544 g su/g KM olarak hesaplanmıştır. Ökse otu yapraklarının farklı sıcaklıklarda kurutma denemelerine ait kuruma süreleri Tablo 6.1'de verilmiştir. Üç farklı kurutma sıcaklığında (50, 60 ve 70 °C) ökse otu yapraklarının zamana bağlı nem içeriği değişimleri Ek A'da, Tablo A1.1,1.2 ve 1.3'te verilmiştir. Farklı sıcaklık değerlerinde kurutulan ökse otu örneklerine ait nem içeriği değerlerinin kuruma süresince değişim grafiği Şekil 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Farklı sıcaklıklardaki ökse otu yaprağı kuruma süreleri

Sıcaklık (°C)	Kuruma süresi (saat)
50	12
60	6.5
70	4

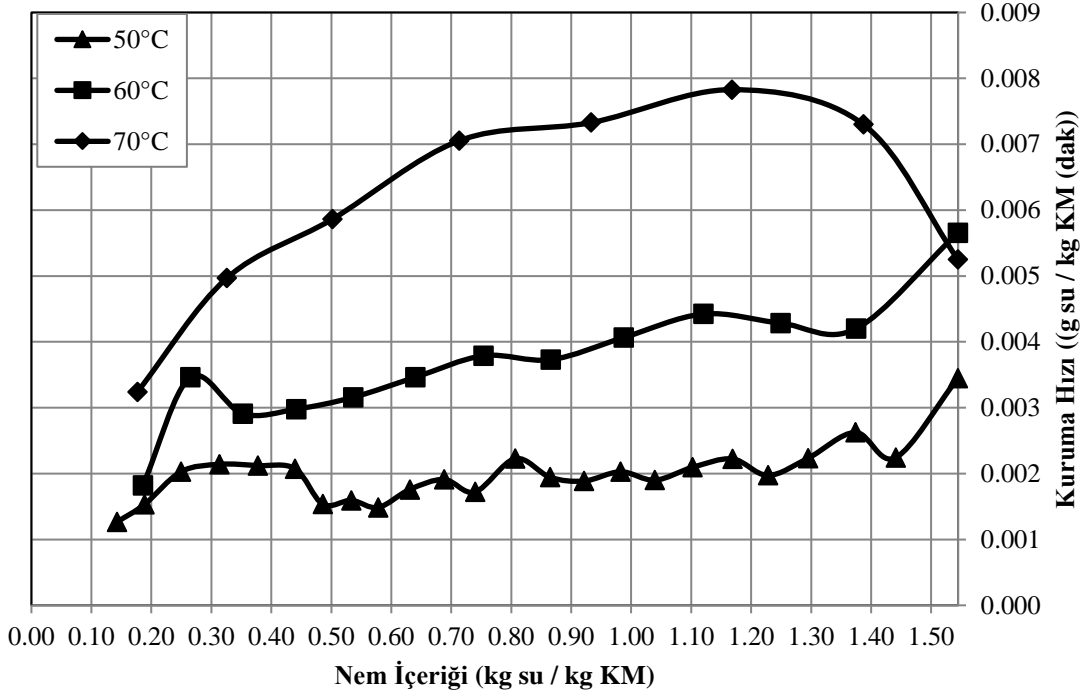


Şekil 6.1: Farklı sıcaklık değerlerinde kurutulan ökse otu örneklerine ait nem içeriği değerlerinin kuruma süresince değişimi

Şekil 6.1’de de görüldüğü gibi kurutma işleminde sıcaklık değerleri arttıkça kuruma sürelerinde önem arz edecek şekilde azalmalar görülmüştür. Örneğin, 60°C sıcaklık derecesinde ökse otu yaprağının nem içeriğinin 1.544’ten 0.125 g su/g kuru madde değerine düşmesi 390 dakika sürerken, 50°C sıcaklık derecesine bakıldığında zaman 720 dakika sürmüştür.

6.1.2 Kuruma hızı değişimi

50, 60 ve 70°C sıcaklık değerlerinde kurutulan ökse otu yapraklarının kuruma hızları, bu sıcaklık değerlerinde süreye bağlı olarak hesaplanmış olan nem içeriği değerlerinin kullanımı ile bulunmuştur. Ökse otu yaprakları başlangıçta ortalama 1.545 kg su / kg kuru madde nem içeriğine sahip iken farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen kurutma işlemleri sonucunda 0.1 kg su / kg kuru madde nem içeriğine kadar düşürülmüştür. Farklı sıcaklık değerlerinde ökse otu yapraklarına ait kuruma hızı değerlerinin nem içeriği ile değişimine ait grafik Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2: Farklı sıcaklık değerlerinde ökse otu yapraklarına ait kuruma hızı değerlerinin nem içeriği ile değişimi

Şekil 6.2 incelendiğinde, ökse otu yapraklarının kurutulması sırasında 70 °C’de ökse otu yaprağında önce bir ısınma sonrasında azalan bir kuruma periyodu izlediği gözlemlenmiştir. 50 °C ve 60 °C sıcaklıklardaki kurutma işlemlerinde ise ısınma gözlemlenmemiştir. 50 °C ve 60 °C kurutma sıcaklıklarında öncelikle azalan hız periyodu gözlemlenmiş daha sonrasında sabit hız ve azalan hız periyodlarının devam ettiği gözlemlenmiştir.

Kurutma esnasında gıdada bulunan su miktarının fazla olması kurutma işleminde suyun daha kolay uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Su içeriği azaldıkça suyun gıdadan uzaklaştırılması zorlaşmaktadır. Bu durum karşısında sadece kurutma sıcaklığının yükseltilmesi kuruma hızının artmasına çözüm sağlamamaktadır. Kurutmanın son evrelerinde su içeriğinin azaldığı durumlarda ortam sıcaklığının arttırılmasının yanı sıra ortamdaki bağıl nemin de düşürülmesi kuruma hızının artmasına katkı sağlayabilmektedir.

Kocabıyık ve Demirtürk (2008) yaptıkları bir çalışmada, infrared enerji ile çalışan bir kurutma düzeneğinde nane yapraklarını kurutmuşlar ve nanenin kuruma davranışlarını incelemişlerdir. Bu kurutma düzeneğinde infrared radyasyon yoğunluğu 1080 W/m^2 ve 0.5, 1, 1.5, 2 m/s hava hızlarında kurutma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada hava hızı arttıkça nanenin kuruma süresinde arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin nanenin yüzeyine temas etmekte olan havanın miktarı arttıkça nane yüzeyinde soğumaya sebep olmasından kaynaklandığı tahmin edilmiştir. Farklı kurutma hızı değerlerinde gerçekleşen işlemlerde sabit hızlı bir kurutma işlemi görülmemiş başlangıçta kısa süreli bir artış görülmüş daha sonra da azalma gerçekleşmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada da benzer bir kuruma periyodu 70°C de görülmüş diğer kurutma sıcaklıklarında sabit ve azalan hızda kuruma periyodları görülmüştür. Kuruma kinetiğine ait modelleme çalışmaları

Sıcak havalı kurutucuda kurutulan ökse otu yapraklarının üç farklı sıcaklık değerinde kurutulması esnasında elde edilen nem oranı değerlerinin kuruma süresi ile değişimini içeren deneysel veriler, doğrusal olmayan regresyon analizi ile beş ayrı ince tabaka kuruma modellerine uygulanmıştır. Kullanılan bu ince tabaka kuruma modelleri Lewis, Page, Henderson Pabis, Logaritmik ve Modifiye Page'dir. Farklı sıcaklık değerlerinde kurutulan ökse otu yapraklarından elde edilen deneysel sonuçların doğrusal olmayan regresyon analizi ile teorik modellere uyumunun incelendiği sonuçlar Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2: Farklı sıcaklık değerlerinde kurutulmuş ökse otu yapraklarından elde edilen deneysel sonuçların doğrusal olmayan regresyon analizi ile teorik modellere uyumunun incelenmesi

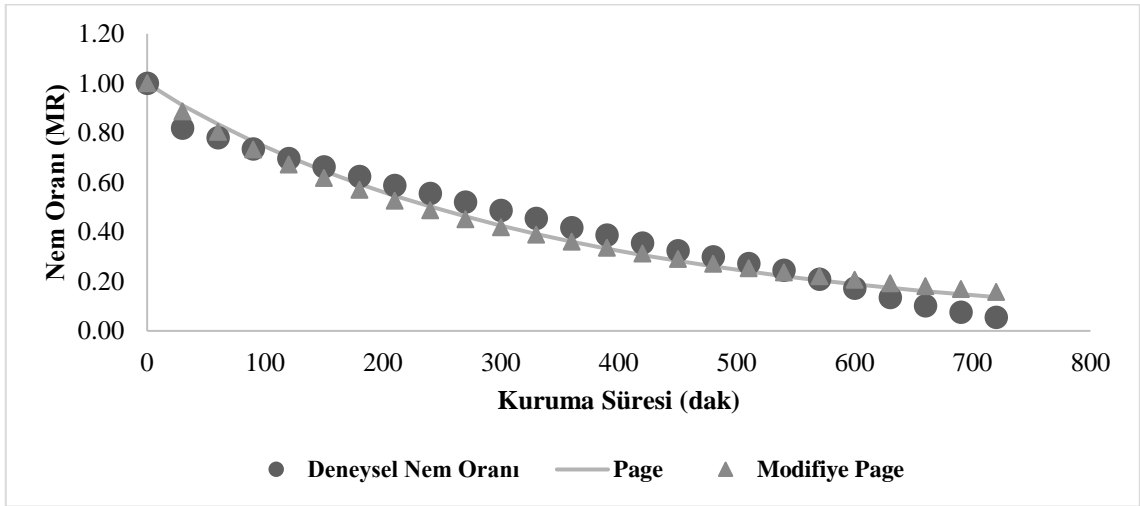
Model	Sıcaklık (°C)	Sabitler ve Katsayılar			χ^2	RMSE	R^2
Lewis	50	$k = 0.0030$			0.01423	0.116893	0.9663
	60	$k = 0.0052$			0.02912	0.164430	0.9730
	70	$k = 0.0097$			0.07031	0.249998	0.9458
Page	50	$k = 0.00345$	$n = 0.9663$		0.00146	0.036666	0.9911
	60	$k = 0.00160$	$n = 1.1974$		0.00046	0.019947	0.9832
	70	$k = 0.00048$	$n = 1.563$		0.00037	0.017000	0.9918
Henderson ve Pabis	50	$k = 0.0033$	$a = 1.1590$		0.00357	0.057331	0.9111
	60	$k = 0.0060$	$a = 1.2402$		0.00224	0.043814	0.9515
	70	$k = 0.0118$	$a = 1.4352$		0.00037	0.064333	0.9217
Logaritmik	50	$k = 0.0041$	$a = 1.2072$	$c = 0.056$	0.00623	0.074067	0.8409
	60	$k = 0.0076$	$a = 1.2570$	$c = 0.081$	0.00749	0.076752	0.9024
	70	$k = 0.0112$	$a = 1.2887$	$c = 0.052$	0.01953	0.114096	0.9231
Modifiye Page	50	$k = 0.00284$	$n = 0.8581$		0.00247	0.047637	0.9911
	60	$k = 0.00463$	$n = 1.0888$		0.00107	0.030336	0.9832
	70	$k = 0.00754$	$n = 1.563$		0.00045	0.018667	0.9918

Elde edilen deneysel verilere bakıldığında en iyi uyum sağlayan iki modelin, en yüksek R^2 değerini veren ve en düşük RMSE (Root Mean Square Error) ve χ^2 değerlerini veren “Page” ile “Modifiye Page” modelleri olduğu görülmüştür. Bu sonuçların yanı sıra, kurutma süresi boyunca deneysel nem içeriği değerlerinde meydana gelen azalmanın, uygulanan tüm kurutma sıcaklıklarında “Page” ve “Modifiye Page” modelleri ile iyi uyum sağladığı saptanmıştır (Şekil 6.3a- Şekil 6.3c). Örneğin; Page model için 60°C’de yapılan kurutma işlemi sonunda RMSE değeri 0.019947, R^2 değeri ise 0.9832 olarak bulunmuş, 70°C’deki kurutma işlemi sonunda ise RMSE değeri 0.017000 ve R^2 değeri 0.9918 olarak belirlenmiştir.

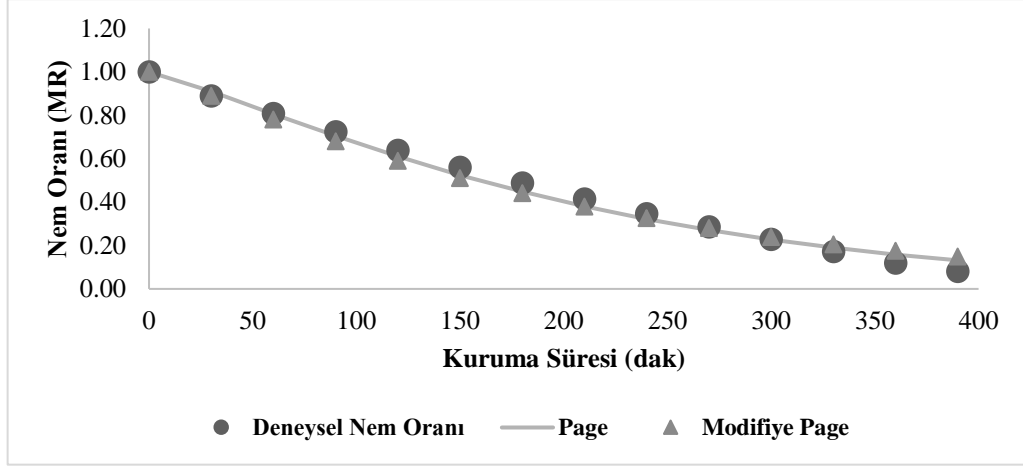
Yılmaz (2019) yapmış olduğu bir çalışmada, mikrodalga tekniği kullanılarak dut yaprağı numunesi beş farklı mikrodalga çıkış gücünde (180, 360, 540, 720 ve 900 W) kurutmuştur. Kurutma işlemlerinin sonunda elde ettiği nem içeriği değerlerinin kuruma süresi ile değişimindeki deneysel sonuçları dört ayrı ince tabaka kurutma modelini

kullanılarak modellenmiştir. İstatistiksel sonuçlar (R^2 ve standart sapma, δ) incelendiği zaman Page Modelin dut yapraklarının kurutma makinesini en iyi uyum sağlayan model olduğunu belirtmişlerdir.

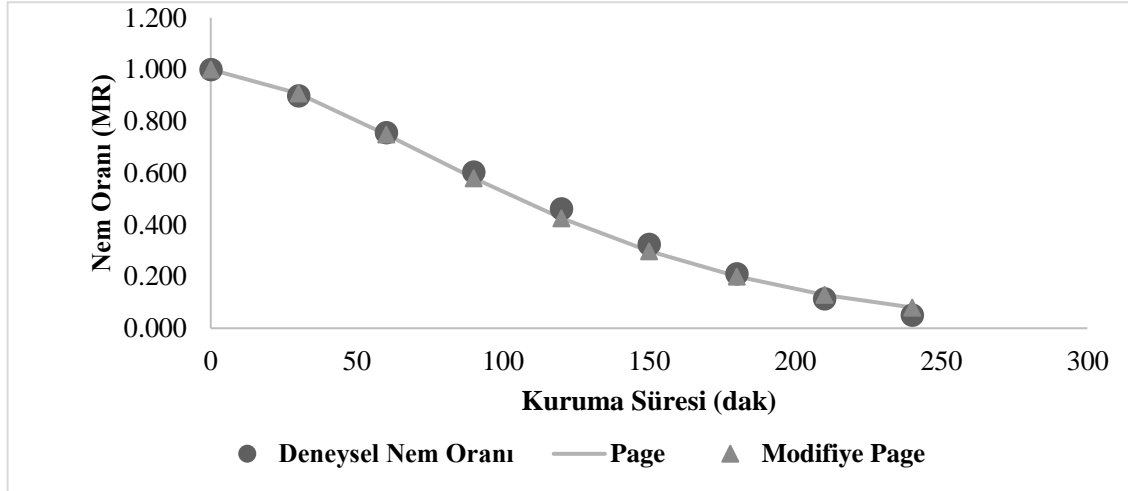
Demir ve diğ. (2004) yaptıkları bir çalışmada, defne yapraklarını 40,50 ve 60°C hava sıcaklığında, 1.5 m/s hava akış hızında ve %5- %10 ve %15 bağıl nem değerlerine sahip kurutma ortamında kurutmuşlardır. Yaptıkları bu çalışmada kurutma koşullarında renk değerleri ve yağ değerlerindeki değişimini amaçlamışlardır. Aynı zamanda deneysel verileri en iyi ifade edecek kurutma modelini hesaplamışlardır. Yapılan analizler sonucunda kurutma ortam şartlarının renk ve yağ değerleri üzerinde etkisinin çok fazla olmadığı gözlemlenmiştir. Deneysel veriler hesaplandıktan sonra defne yaprağının konveksiyon yöntemiyle kurutulmasında en iyi uyum sağlayan modelin Page model olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 6.3a: 50°C kurutma ortamına ait deneysel nem oranları ile Page ve Modifiye Page modelden elde edilen nem oranlarının zamana göre değişimi

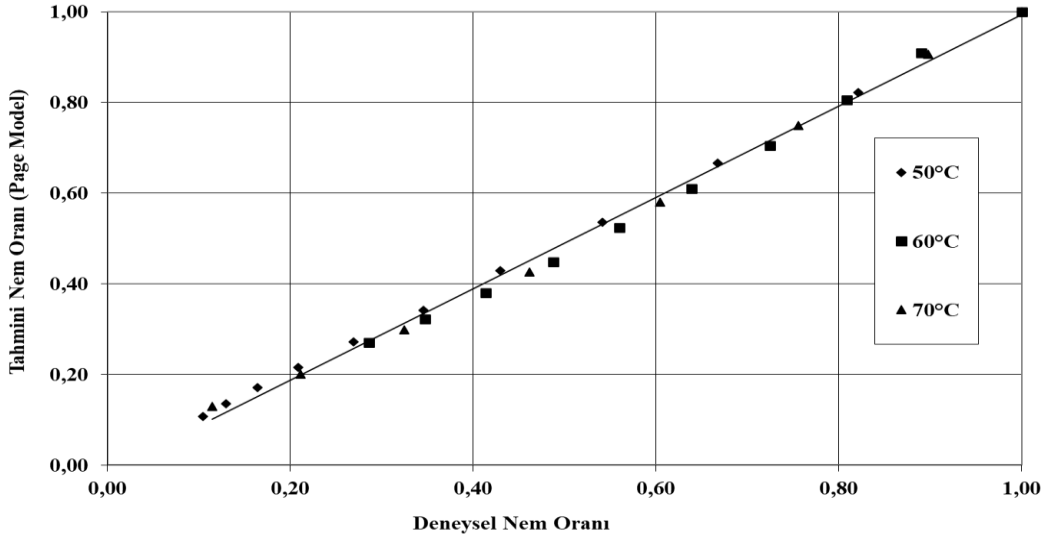


Şekil 6.3b: 60°C kurutma ortamına ait deneysel nem oranları ile Page ve Modifiye Page modelden elde edilen nem oranlarının zamana göre değişimi

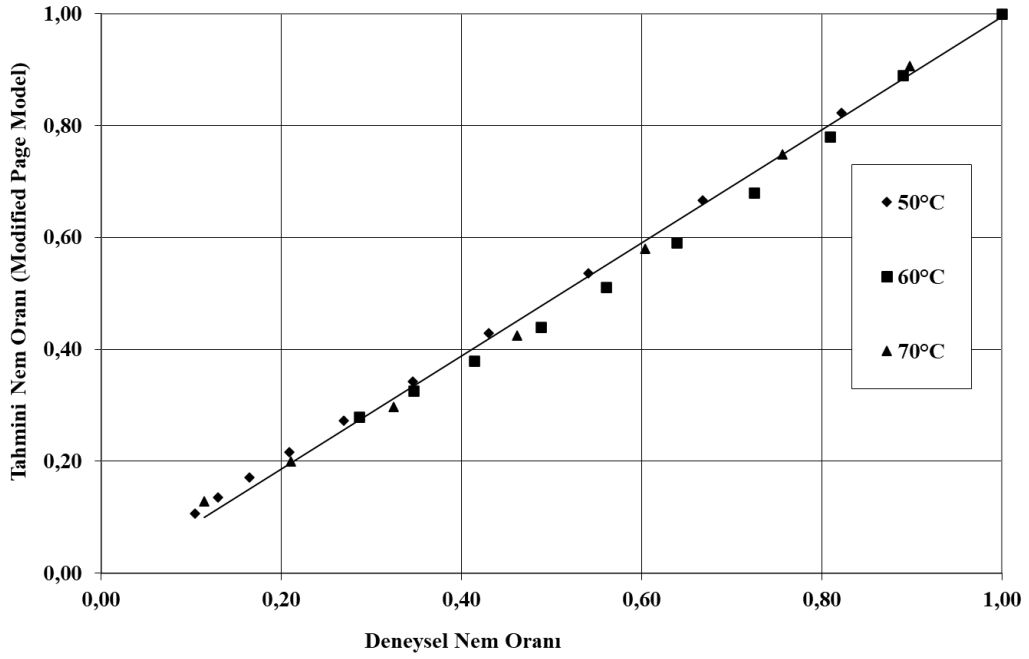


Şekil 6.3c: 60°C kurutma ortamına ait deneysel nem oranları ile Page ve Modifiye Page modelden elde edilen nem oranlarının zamana göre değişimi

50, 60 ve 70°C sıcaklık için deneysel kuruma oranı değerleri ile Page ve Modifiye Page modellerinden elde edilen kuruma oranlarının uyumunu gösteren grafikler sırasıyla Şekil 6.4'a ve Şekil 6.4b'de verilmiştir.



Şekil 6.4a: Deneysel nem oranı sonuçları ile Page modelden elde edilen nem oranı sonuçlarının uyumu



Şekil 6.4b: Deneysel nem oranı sonuçları ile Modifiye Page modelden elde edilen nem oranı sonuçlarının uyumu

6.2 Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprığı Kurutulmasında Renk Değişimi Üzerindeki Etkisi

Taze ökse otu yapraklarının ve etüvde farklı sıcaklıklarda kurutulmuş ökse otu yapraklarında ölçülen (Colorimeter, Model: PCE-CSM1, Almanya) renk parametreleri Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3: Taze ökse otu yapraklarının ve etüvde farklı sıcaklıklarda kurutulmuş ökse otu yapraklarında renk değerleri

Koşul	Renk Değerleri*		
	L^*	a^*	b^*
Taze Halde	45.49±0.00 ^a	13.03±0.00 ^a	25.07±0.00 ^a
50°C	34.61±1.82 ^c	6,11±0.58 ^b	18.46±1.48 ^b
60°C	38.69±0.79 ^b	9.16±1.64 ^c	21.00±2.09 ^b
70°C	40.30±1.82 ^b	6.83±4.81 ^b	19.43±4.34 ^b

Tablo 6.3'e bakıldığında renk açıklığını ifade eden L^* değerinde taze ürüne en yakın değer 70°C'de kurutulmuş ökse otu yapraklarında olduğu görülmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, 50°C ve taze örneklerin arasında L^* değeri bakımından önemli düzeyde bir farkın olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ancak 50°C'nin 60°C ve 70°C'den farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). 60°C ve 70°C'de kendi arasında fark olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Etüvde kurutulmuş ökse otu yapraklarında kırmızılığını veya yeşilliğini ifade eden taze ürüne ait a^* değeri ile kurutulmuş ürünlere ait değerler kıyaslandığında, 50°C ve 70°C'de kendi arasında fark olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Ökse otu yapraklarında sarılık veya maviliği ifade eden taze ürüne ait b^* değeri ile kurutulmuş ürünlere ait değerler kıyaslandığında, birbirinden farklı olduğu ($p<0.05$), ancak kurutulmuş ürünlerin kendi arasında fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

Alibaş (2007), yaptığı bir çalışmada kabak dilimlerini mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga sıcak hava kombinasyon yöntemlerinin kullanarak kurutmuştur. Sıcak hava kullanılarak kurutulmuş numuneler ile taze örnekler kıyaslandığı zaman L^* değerleri arasında bu çalışmaya benzer olarak istatistiksel olarak fark olduğu ve kurutulmuş örneklerin renk kaybına uğradığı belirtilmiştir.

6.3 Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprığı Kurutulmasında Su Aktivitesi Değişimi Üzerindeki Etkisi

Su aktivitesinin (a_w) tanımı, gıda içerisinde bulunan suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranıdır. Başka bir ifadeyle, gıdalarda mikrobiyal gelişme ve kimyasal reaksiyonlar için kullanılabilir su miktarıdır. Su aktivitesi 0 ile 1 arasındaki değerlerde değişmektedir. Su aktivitesi nemden farklı olarak gıda kalitesinde; fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kararlılığı etkilemektedir (Belitz ve diğ., 2009). Ökse otu yaprak örneklerine ait su aktivite değerleri (a_w) Tablo 6.4’de verilmiştir.

Tablo 6.4: Kurutulmuş ökse otu yapraklarının su aktivitesi değerleri

Sıcaklık (°C)	Su Aktivitesi Değeri (a_w)
Taze	0.841
50	0.491
60	0.413
70	0.405

6.4 Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprığı Kurutulmasında Toplam Antioksidan Miktarındaki Değişimler Üzerine Etkisi

Antioksidanlar, serbest radikalleri temizleyerek ve oksidatif stresi azaltarak oksitlenebilir maddelerin oksidasyonunu geciktirebilen veya engelleyebilen bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Oksidatif stres, aşırı miktarda reaktif oksijen ve/veya azot türünün (ROT/RNT, örneğin süperoksit anyonu, hidrojen peroksit, hidroksil radikali, peroksinitrit) enzimatik savunma hattını oluşturan antioksidan kapasitesinin üzerine çıktığında, enzimler, proteinler, DNA ve lipitler gibi çeşitli biyomakromoleküllerin oksidasyonuna sebep olan bir durumdur. Koroner kalp hastalığı, kanser ve yaşlanma gibi kronik hastalıkların gelişmesinde oksidatif stres etkilidir (Dai ve Mumper, 2010).

Yapılan bu çalışmada, kurutulan ökse otu yapraklarında antioksidan aktivite düzeylerini belirlemek için DPPH analizi yapılmıştır. Kurutma süresince toplam antioksidan içeriğinde meydana gelen kayıpları belirlemek için yapılan kinetik hesaplamalara öncü olacak örnek alımları otuz dakikada bir gerçekleştirilmiştir. Kayıplar,

her bir kurutma yönteminde uygulanan tüm şartlar için hesaplanmıştır. Elde edilen toplam antioksidan değerleri Tablo 6.5,6.6 ve 6.7’de gösterilmiştir.

Tablo 6.5: 50°C sıcaklıkta kondüksiyon ile kurutma işleminde toplam antioksidan değişimine yönelik sonuçlar

<i>Süre (h)</i>	<i>KM (%)</i>	<i>Toplam Antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE}/100\text{g KM}$)</i>	<i>Std Sapma</i>	<i>RSD</i>
0	38.82	94.15	5.458	5.779
1	42.05	89.46	0.641	0.992
2	44.79	81.01	0.724	1.137
3	47.48	7108	0.857	1.389
4	50.34	59.76	0.478	0.921
5	53.5	52.99	0.507	1.177
6.5	59.12	50.75	0.553	1.177
12	91.68	44.95	1.117	2.417

Tablo 6.6: 60°C sıcaklıkta kondüksiyon ile kurutma işleminde toplam antioksidan değişimine yönelik sonuçlar

<i>Süre (h)</i>	<i>Km (%)</i>	<i>Toplam Antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE}/100\text{g KM}$)</i>	<i>Std Sapma</i>	<i>RSD</i>
0	38.82	94.15	5.458	5.779
1	44.22	78.36	0.488	0.622
2	50.03	63.63	0.549	0.881
3	56.71	56.99	0.381	0.668
4	64.72	50.71	0.333	0.658
5	73.53	47.88	0.454	0.945
6.5	89.4	44.08	0.307	0.700

Tablo 6.7: 70°C sıcaklıkta kondüksiyon ile kurutma işleminde toplam antioksidan değişimine yönelik sonuçlar

<i>Süre (h)</i>	<i>Km (%)</i>	<i>Toplam Antioksidan aktivite (μmol TE/100g KM)</i>	<i>Std Sapma</i>	<i>RSD</i>
0	38.82	94.15	5.458	5.779
1	45.56	80.95	3.100	3.894
2	55.23	63.71	0.710	1.109
3	57.63	57.50	1.225	2.166
4	91.50	38.91	0.257	0.601

Kurutma işlemine başlamadan önce yapılan analizlerde, toplam antioksidan miktarı taze ökse otu yapraklarında 94.15 mg/100g kuru madde olarak saptanmıştır.

Tablo 6.8: Taze ökse otu yaprakları ve kurutulmuş ökse otu yapraklarındaki, antioksidan aktivite değerleri

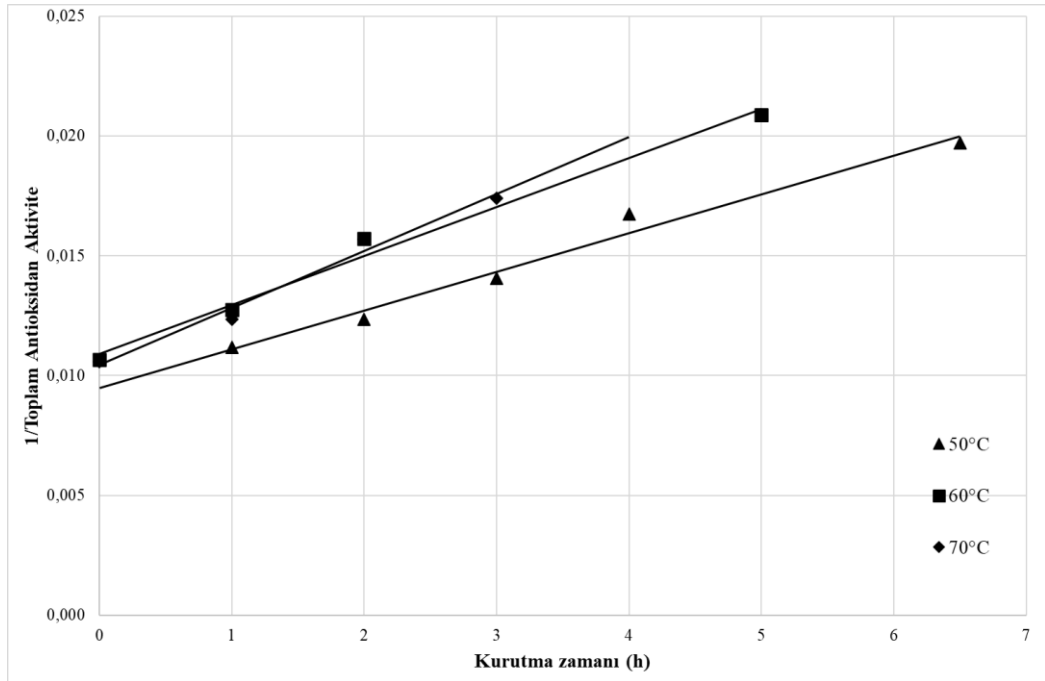
	<i>Kurutma Süresi (h)</i>	<i>Toplam Antioksidan aktivite (μmol TE/100g KM)</i>
Taze Halde	--	94.15±0.41 ^a
50°C	12	44.95±0.41 ^b
60°C	6.5	44.08±0.47 ^b
70°C	4	38.91±1.94 ^c

*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

Tablo 6.8 incelendiği zaman 50°C ve 60°C kurutma sıcaklıklarındaki toplam antioksidan aktivite değerleri arasında fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Ancak bu sıcaklıkların toplam antioksidan aktivite değerleri arasında taze ve 70°C'den farklı olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Tablo 6.11'den de görüleceği üzere ökse otu yapraklarında, toplam antioksidan aktivite içeriğinin kurutma süresince değişimi ikinci derece kinetik modele uygun şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 6.4). Kinetik veriler incelendiğinde (Tablo 6.11), beklendiği gibi sıcaklık yükseldikçe toplam antioksidan aktivite degradasyon hızının arttığı gözlemlenmektedir. Örneğin, 50°C'de yapılan kurutma işleminde reaksiyon hız sabiti 0.0016 iken, 70°C'de bu değer 0.0024 100 g KM/mg'a yükselmiştir.

Jałoszyński ve diğ., (2008) yaptıkları bir çalışmada, keklik otunu mikrodalga vakum kurutma (MVK) yöntemi ve konvansiyonel kurutma yöntemi ile kurutmuşlardır. Çalışmaların da keklik otunun kurutulma şartlarının kurutma kinetiği ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisinin araştırmışlardır. Keklik otunu konvansiyonel kurutma yönteminde sıcaklığı 50°C'de istenilen kurutma oranına ulaşması 310 dakikayı bulurken, 4-6 kPa vakum altında 480 W mikrodalga gücünde ise aynı kurutma oranına 15 dakikada ulaştığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda toplam fenol miktarlarındaki azalma MVK ile kurutma ve 50 °C de gerçekleştirilen konvansiyonel kurutma için sırasıyla %71 ve %65 olarak gözlenmiştir. Kurutma hava sıcaklığının 60 °C ye çıkarılması ile kurutma süresinde biraz azalma gözlemlenirken toplam fener miktarlarında kayıp oranı %84 değerine yükselmektedir.



Şekil 6.4: Kondüktif kurutma ile kurutulan ökse otu yapraklarına ait *toplam antioksidan aktivite içeriğinin kuruma zamanı ile değişiminin ikinci dereceden kinetik modele uygunluğu*

6.5 Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yapağı Kurutulmasında Toplam Fenolik Madde Miktarındaki Değişimler Üzerine Etkisi

Yapılan bu çalışmada, kurutulan ökse otu yapraklarında toplam fenolik madde düzeylerini belirlemek için analiz yapılmıştır. Bu amaçla, miktar belirleme için analizi için gerekli olan gallik asit standart eğrisi öncelikle belirlenmiştir.

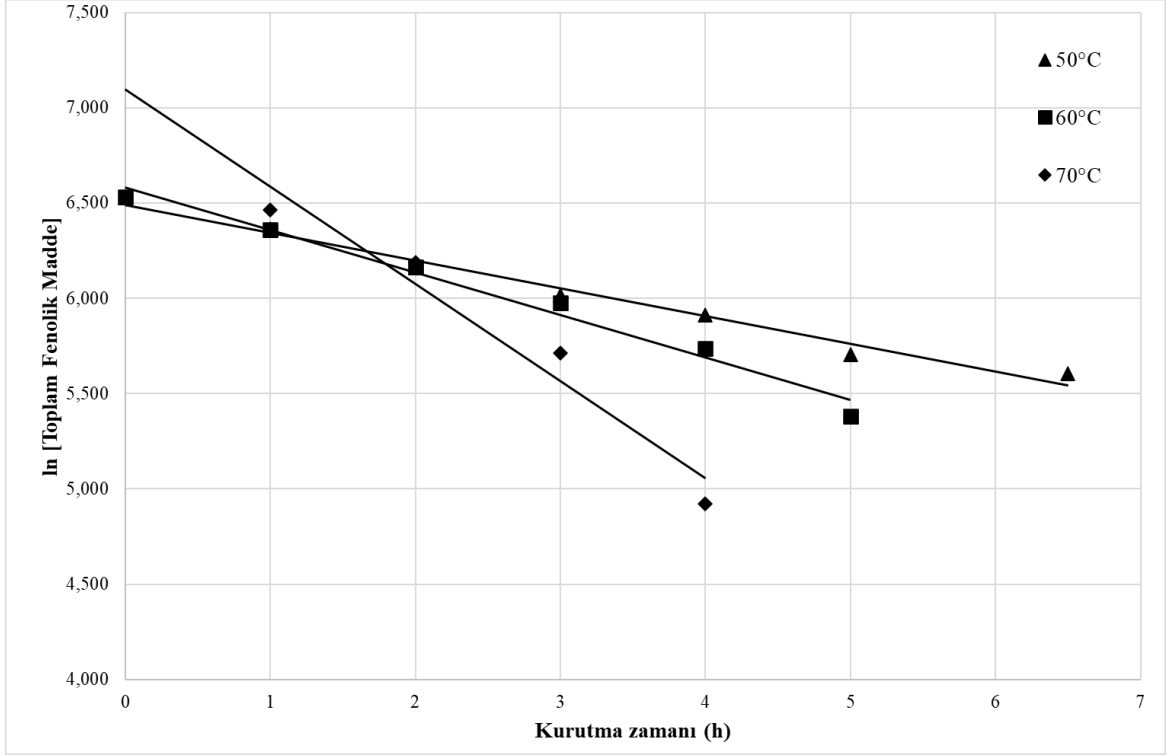
Üç farklı kurutma sıcaklığında kurutma sonunda ökse otu yaprak ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarları Tablo 6.9’da verilmiştir. Tablo 6.9’dan da görüldüğü gibi, örneklerin taze haldeyken toplam fenolik madde miktarı 686.61 ± 2.96 mg GAE/100 g KM olarak belirlenmiştir. Kurutma sonucunda taze örneğe kıyasla toplam fenolik madde miktarı azalmış ve $150.97-105.09$ mg GAE/100 g KM arasında değişmiştir. 50°C ’de 12 saat süre ile yapılan kurutma işleminde 686.61 ± 2.96 mg GAE/100 g KM değerinden 150.91 ± 1.89 mg GAE/100 g KM değerine düşmüştür. 70°C ’de 4 saat süren kurutma işleminde ise 105 ± 0.14 mg GAE/100 g KM değerine düşmüştür. Literatür incelendiğinde, benzer bir durum karahindiba yapraklarının kurutulmasında da gerçekleşmiştir. Nitekim Barimah ve diğ. (2017), karahindiba yapraklarını 60°C ’de kurutmuşlar ve kurutma işlemi sonunda, kurutulan örneklerin toplam fenolik madde miktarının 778 ± 0.26 mg GAE/100 g KM değerinden, 295 ± 0.50 mg GAE/100 g KM değerine düştüğünü saptamışlardır.

Tablo 6.9: Taze ökse otu yaprakları ve kurutulmuş ökse otu yapraklarındaki, toplam fenolik madde miktar değerleri

	<i>Kurutma Süresi (h)</i>	<i>Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g KM)</i>
Taze Halde	--	686.61 ± 2.96^a
50°C	12	150.91 ± 1.89^b
60°C	6.5	137.21 ± 2.81^c
70°C	4	105.09 ± 0.14^d

*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeydedir ($p < 0.05$).

Kurutma sürecinde, toplam fenolik madde içeriğindeki değişimi belirlemek için yapılan kinetik hesaplamalara öncülük edecek örnek alımları saatte bir gerçekleştirilmiştir. Kayıplar her bir kurutma sıcaklığı için hesaplanmıştır. Tablo 6.11’den de görüleceği üzere ökse otu yapraklarında, toplam fenolik madde içeriğinin kurutma süresince değişimi birinci derece kinetik modele uyduğu görülmüştür (Şekil 6.5). Kinetik veriler incelendiğinde (Tablo 6.11), beklendiği gibi sıcaklık yükseldikçe toplam fenolik madde degradasyon hızının arttığı görülmektedir. Örnek olarak, 50°C ’de yapılan kurutma işleminde reaksiyon hız sabiti 0.1524 iken, 70°C ’de bu değer 0.5098 100 g KM/mg’a yükselmiştir.



Şekil 6.5: Kondüktif kurutma ile kurutulan ökse otu yapraklarına ait toplam fenolik madde içeriğinin kuruma zamanı ile değişiminin birinci dereceden kinetik modele uygunluğu

6.6 Kurutma Ortam Sıcaklıklarının Ökse Otu Yaprağı Kurutulmasında Askorbik Asit Miktarındaki Değişimler Üzerine Etkisi

Askorbik asit meyve-sebzelerde bulunan, belirli hastalıklara karşı koruma sağlayan bunun yanı sıra biyolojik antioksidan olarak görev yapan esansiyel bir besin maddesidir. Askorbik asit gıdanın işlenmesi sırasında önemli düzeyde kayıplara uğramakta ve azalmaktadır. Kurutma işlemlerinde yüksek kurutma sıcaklıklarından askorbik asit etkilenmektedir (Santos ve Silva, 2008). Tablo 6.10’da taze ökse otu yaprakları ve kurutulmuş ökse otu yapraklarındaki toplam askorbik asit içeriği karşılaştırmaları verilmiştir. Kurutma işlemine başlamadan önce yapılan analizlerde, askorbik asit içeriği ökse otu yapraklarında 84.00 ± 2.42 mg/100 g KM olarak saptanmıştır. Yapılan benzer bir çalışmada, Skrypnik ve diğ. (2021) konakçısı ıhlamur ağacı olan ökse otu yapraklarında kurutma işlemi öncesinde askorbik asit içeriğinin 11.16 – 23.06 mg/100 g KM arasında olduğu bildirilmiştir.

Tablo 6.10: Taze ökse otu yaprakları ve kurutulmuş ökse otu yapraklarındaki, toplam askorbik asit değerleri

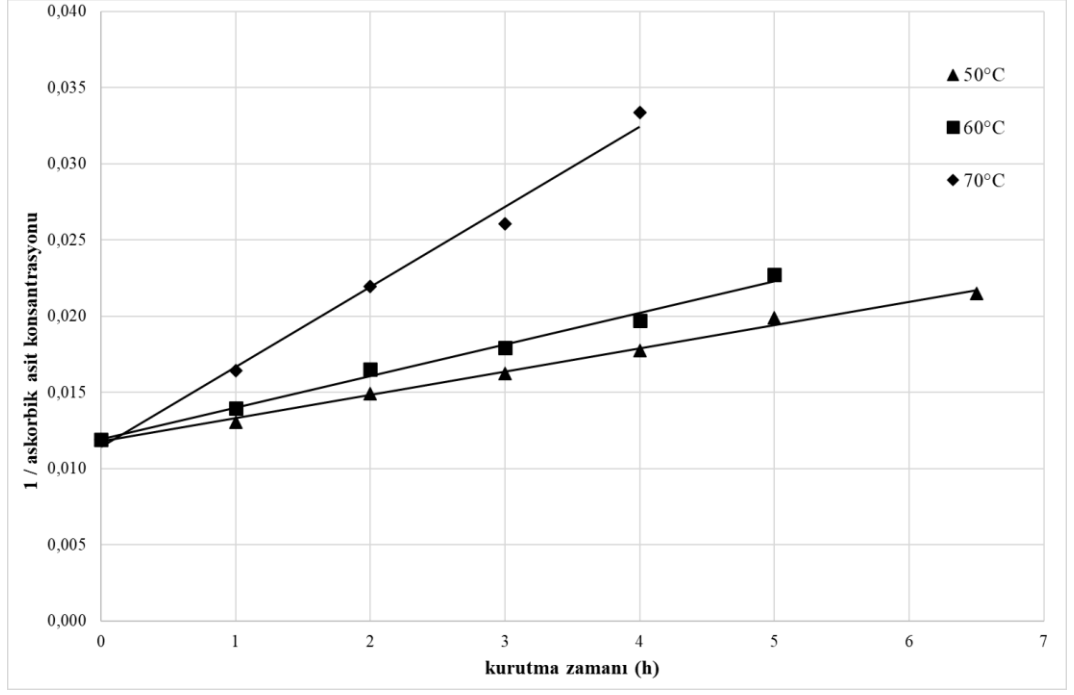
	<i>Kurutma Süresi (h)</i>	<i>Askorbik asit içeriği (mg/100g KM)</i>
Taze Halde	--	84.00±2.42 ^a
50°C	12	40.15±0.31 ^b
60°C	6.5	39.10±0.50 ^b
70°C	4	29.98±0.47 ^c

*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

50, 60 ve 70°C’de kurutulan örneklerde, kurutma sıcaklığının artması ile askorbik asit içeriğinin düştüğü gözlenmiştir. Tablo 6.10’dan da görüleceği üzere askorbik asit içeriği 50° C’de 12 saat süre ile yapılan kurutma işleminde 84.00±2.42 mg/100 g KM değerinden 40.15±0.31 mg/100 g KM değerine düşmüştür. 70°C’de 4 saat süren kurutma işleminde ise 29.98±0.47 mg/100 g KM değerine düşmüştür. Literatür incelendiğinde, benzer bir durum ısırgan otunun sıcak hava ile kurutulmasında da gerçekleşmiştir.

Nitekim Alibas (2010), ısırgan otlarını 50, 75 ve 100°C’de kurutmuş ve kurutma işlemi sonunda, 50°C’de kurutulan örneklerin askorbik asit içeriği 197.01±0.23 mg/100 g değerinden 143.75±0.30 mg/100 g değerine düştüğünü belirlemiştir. 100°C’de kurutulan örneklerin ise askorbik içeriğini 138.67±0.25 mg/100g olarak saptamıştır. Sıcaklık değeri arttıkça Askorbik asit içeriğinin azalıyor olması bizim çalışmamızla benzer olduğunu göstermektedir.

Kurutma sürecinde, askorbik asit içeriğindeki değişimin belirlenebilmesi için yapılan kinetik hesaplamalara öncülük edecek örnek alımları saatte bir gerçekleştirilmiştir. Askorbik asit kayıpları her kurutma sıcaklığı için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablo 6.11’den de görüleceği üzere ökse otu yapraklarında, askorbik asit içeriğinin kurutma süresince değişimi ikinci derece kinetik modele uygun olarak gerçekleşmiştir (Şekil 6.12). Kinetik veriler incelendiğinde (Tablo 6.11), beklendiği gibi sıcaklık yükseldikçe askorbik asit degradasyon hızının arttığı görülmektedir. Örneğin, 50°C’de yapılan kurutma işleminde reaksiyon hız sabiti 0.0015 iken, 70°C’de bu değer 0.0053 100 g KM/mg’a yükselmiştir.



Şekil 6.6: Kondüktif kurutma ile kurutulan ökse otu yapraklarına ait *Askorbik asit* içeriğinin kuruma zamanı ile değişiminin ikinci dereceden kinetik modele uygunluğu

Tablo 6.11: Farklı kurutma sıcaklıklarında Toplam *antioksidan aktivite (TAA)*, *Toplam fenolik içerik (TPC)* ve *Askorbik asit içeriği (AAC)* için sıfır, birinci ve ikinci dereceden modellerin kinetik parametreleri*

Kurutma Sıcaklığı (°C)	Kalite Parametresi	Sıfırcı Dereceden Model			Birinci Dereceden Model			İkinci Dereceden Model		
		k_0	C_0	R^2	k_1	C_0	R^2	k_2	C_0	R^2
50	TAA	7.2006	94.17	0.9459	0.1067	98.09	0.9684	0.0016	105.26	0.9809
	TPC	45.701	590.93	0.9057	0.1524	669.88	0.9945	0.0007	1666.66	0.9136
	AAC	5.8921	81.26	0.9678	0.0938	82.60	0.9882	0.0015	84.75	0.9950
60	TAA	7.3103	86.66	0.9157	0.1152	87.72	0.9612	0.0019	90.09	0.9884
	TPC	83.897	659.34	0.9655	0.2359	738.92	0.9866	0.0008	1250.00	0.9055
	AAC	6.6956	78.54	0.9476	0.1161	80.30	0.9846	0.0021	84.03	0.9946
70	TAA	12.805	93.36	0.9714	0.1728	94.27	0.9795	0.0024	96.15	0.9819
	TPC	169.53	815.79	0.9491	0.5098	707.25	0.9945	0.0016	2500.00	0.8781
	AAC	13.048	77.84	0.9390	0.2521	80.27	0.9885	0.0053	87.72	0.9915

* k_0 , k_1 , k_2 and C_0 : sırasıyla reaksiyon hızı sabiti sıfır, birinci, ikinci derece model ve kalite parametrelerinin başlangıç değeri.

Demirhan ve diğ. (2015), reyhan, semiz otu ve kereviz yaprağını farklı mikrodalga güçlerinde (180, 360, 540, 720 ve 900 W) kurutmuşlar ve kurutma sırasında örneklerde meydana gelen askorbik asit degradasyonunun birinci dereceden kinetik modele uyduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, fesleğen, semizotu ve kereviz yapraklarının aktivasyon enerji değerlerini sırasıyla 15 W/g, 10.7 W/g ve 9.6 W/g belirlemiştir (çıkış gücü (W) ve ham numunenin (g) kütleleridir). Yaptığımız bu çalışmada kurutma işleminin sonucunda askorbik asitin ısıl yolla parçalanmasının sonucunda aktivasyon enerjisi değeri 57.90 kJ/mol olarak bulunmuştur. Q_{10} değerleri ise sıcaklığın 50°C'den 60°C'ye çıkarılmasındaki etkisinin 60°C'den 70°C'ye çıkarılmasındaki etkisine göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6.12'de hesaplanmış olarak verilen yarı ömür süreleri incelendiği zaman, kurutma sıcaklığının artmasıyla askorbik asit kaybının daha hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Örneğin, 50°C'de yapılan kurutma işlemi sonunda elde edilen yarı ömür süresi 7.94 saat iken 70°C'de yapılan kurutma işlemi sonunda ise 2.25 saat olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre, askorbik asit yarı ömür süresi üzerinde kurutma sıcaklığının belirgin bir etkisinin olduğu görülmektedir.

Tablo 6.12: Kinetik parametrelerin^a farklı sıcaklıklarda kurutulmuş ökse otu yapraklarının *Toplam antioksidan aktivitesi (TAA)*, *Toplam fenolik içeriği (TPC)* ve *Askorbik asit içeriği (AAC)*

Kalite Parametresi	Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Derecesi	Q_{10} Değeri	k	$t_{1/2}$ (h)	E_a (kJmol ⁻¹)
TAA	50	2	1.19	0.0016	6.64	18.66
	60	2	1.26	0.0019	5.59	
	70	2	1.26	0.0024	4.43	
TPC	50	1	1.55	0.1524	4.55	55.49
	60	1	2.16	0.2359	2.94	
	70	1	2.16	0.5098	1.36	
AAC	50	2	1.55	0.0015	7.94	57.90
	60	2	2.16	0.0021	5.67	
	70	2	2.16	0.0053	2.25	

^a Q_{10} , k, $t_{1/2}$ ve E_a : sırasıyla sıcaklık katsayısı, reaksiyon hızı sabiti, reaksiyon yarı ömrü süresi ve aktivasyon enerjisi.

6.7 Depolama Sonuçları

Depolamada kullanılan ökse otu yaprakları için su aktivitesi, renk ve biyoaktif bileşenlerin en çok korunduğu sıcaklık olan 60 °C seçilmiştir.

6.7.1 Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Renk Değişimi Üzerindeki Etkisi

Renk, farklı dalga boylarına sahip görünür ışık demetlerinin cisimlerden yansiyarak insan gözünde oluşturduğu algı olarak tanımlanırken aynı zamanda ürünlerin kalitesini ve niteliğini de gösteren bir özelliktir (Keskin ve diğ., 2017). Ürünlerde renk kalitesini sistematik bir şekilde araştırmak için, rengi objektif olarak ölçmek gerekmektedir (Wrolstad ve diğ., 2005). Renk ölçümü esnasında L*, a*, b* değerleri elde edilmiş olup, L* değeri parlaklıktan koyuluğa, +a* kırmızılığı, -a* yeşilliği, +b* sarılığı ve -b* ise maviliği ifade etmektedir. Açık ve renk ilişkisinde, 0°: +a* (kırmızı), 90°: +b* (sarı), 180°: -a* (yeşil), 270°: -b* (mavi) göstermektedir (Keskin ve diğ., 2017).

Meyve ve sebzelere yeşil rengi veren pigment klorofildir. Gıdalarda ise iki çeşit klorofil pigmenti vardır. Bunlar klorofil a ve klorofil b'dir. Klorofil a meyve ve sebzelere kırmızı-yeşil rengi verirken, klorofil b sarı-mavi rengi verir (Almela ve diğ., 2000). Kurutma işlemi sırasında renk değişimi üzerine etkisi bulunan reaksiyonlar; klorofil degradasyonu, esmerleşme, askorbik asit oksidasyonu vb. (Maskan, 2001).

Farklı şekillerde paketlenen kurutulmuş ökse otu yapraklarının, depolama süresi boyunca renge ait L* değerleri ölçülmüş ve Tablo 6.13'te verilmiştir. Dört aylık depolama sonunda, düşük sıcaklıkta depolanan örneklerin L* değeri ile oda sıcaklığında depolananlar arasında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Depolama süresince hem düşük sıcaklıkta hem de oda sıcaklığında depolanan AP, MAP1 ve MAP2 tekniği ile paketlenmiş örneklerin L* değerlerine bakıldığında, 0. ve 4. ay L* değerleri arasında da fark olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Tablo 6.13: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında L* değerleri değişimi

Depolama süresi (ay)	Depolama koşulları					
	Düşük Sıcaklık (4°C)			Oda Sıcaklığı (25°C)		
	AP	MAP1	MAP2	AP	MAP1	MAP2
0	45,49±0,00 aA	45,49±0,00 aA	45,49±0,00 aA	45,49±0,00 aA	45,49±0,00 aA	45,49±0,00 aA
1	36,09±3,47 bA	34,90±2,94 bA	43,24±1,14 aB	31,09±3,27 bA	31,79±0,18 bA	30,92±1,86 bA
2	28,27±2,57 cA	27,55±3,21 cA	28,47±1,71 bA	28,49±2,89 bA	27,15±1,10 cA	28,76±0,16 bA
3	28,09±0,45 cAB	27,51±0,37 cA	28,96±0,98 bB	28,89±0,68 bA	27,36±2,19 cA	27,75±2,98 bA
4	32,84±3,40 bcA	30,60±0,46 bcA	32,62±3,74 bA	28,10±2,02 bA	29,03±1,37 bcA	30,61±3,03 bA

^{A-B} Aynı satırda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

^{a-e} Aynı sütunda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

Farklı şekillerde paketlenen kurutulmuş ökse otu yapraklarının, depolama süresi boyunca renge ait a* değerleri ölçülmüş ve Tablo 6.14’te verilmiştir. Dört aylık depolama sonunda, düşük sıcaklıkta depolanan örneklerin a* değeri ile oda sıcaklığında depolananlar arasında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Depolama süresince hem düşük sıcaklıkta hem de oda sıcaklığında depolanan AP, MAP1 ve MAP2 tekniği ile paketlenmiş örneklerin a* değerlerine bakıldığında, 0. ve 4. ay a* değerleri arasında da fark olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Tablo 6.14: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında a* değerleri değişimi

Depolama süresi (ay)	Depolama koşulları					
	Düşük Sıcaklık (4°C)			Oda Sıcaklığı (25°C)		
	AP	MAP1	MAP2	AP	MAP1	MAP2
0	13,03±0,00 aA	13,03±0,00 aA	13,03±0,00 aA	13,03±0,00 aA	13,03±0,00 aA	13,03±0,00 aA
1	8,54±4,94 abA	5,73±1,18 bA	11,06±1,39 bA	7,22±1,31 bA	7,11±0,18 bA	6,06±0,32 bA
2	6,23±1,25 abA	5,10±0,59 bA	5,62±0,62 cA	5,78±1,87 bA	5,42±0,67 cA	6,72±0,86 bA
3	5,79±0,50 bA	5,91±0,95 bA	5,82±0,05 cA	5,79±0,50 bA	5,52±0,12 cA	5,73±0,04 bA
4	8,06±2,62 abA	5,25±0,81 bA	6,35±0,23 cA	6,10±0,47 bA	5,53±0,10 cA	6,60±0,58 bA

^{A-E} Aynı satırda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

^{a-e} Aynı sütunda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

Farklı şekillerde paketlenen kurutulmuş ökse otu yapraklarının, depolama süresi boyunca renge ait b* değerleri ölçülmüş ve Tablo 6.14’te verilmiştir. Dört aylık depolama

sonunda, düşük sıcaklıkta depolanan örneklerin b* değeri ile oda sıcaklığında depolananlar arasında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Depolama süresince hem düşük sıcaklıkta hem de oda sıcaklığında depolanan AP, MAP1 ve MAP2 tekniği ile paketlenmiş örneklerin b* değerlerine bakıldığında, 0. ve 4. ay b* değerleri arasında da fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Tablo 6.15: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında b*değerleri değişimi

Depolama süresi (ay)	Depolama koşulları					
	Düşük Sıcaklık (4°C)			Oda Sıcaklığı (25°C)		
	AP	MAP1	MAP2	AP	MAP1	MAP2
0	25,07±0,00 aA	25,07±0,00 aA	25,07±0,00 aA	25,07±0,00 aA	25,07±0,00 aA	25,07±0,00 aA
1	22,43±2,37 abA	21,21±0,16 abA	23,41±3,41 abA	22,21±0,17 abA	20,89±2,11 abA	24,13±0,04 aA
2	22,67±2,86 abA	25,11±2,40 aA	23,66±1,14 abA	21,54±1,27 abA	19,96±1,37 bA	20,82±0,87 bA
3	21,64±3,49 abA	23,12±4,01 aA	21,65±0,15 abA	20,29±1,58 bA	23,05±0,04 abA	20,83±1,53 bA
4	17,45±1,52 bA	17,11±1,93 bA	20,36±0,25 bA	21,65±2,48 abA	24,48±2,88 abA	20,61±0,11 bA

^{A-E} Aynı satırda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

^{a-e} Aynı sütunda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

Arabhosseini ve diğ (2007), depolama sırasında tarhun yapraklarının uçucu yağ ve rengi üzerine kurutma koşullarının uzun vadeli etkileri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, Fransız Tarhun otu (*Artemisia dracuncululus* L.) yapraklarının uçucu yağ içeriği ve rengi üzerine depolamanın etkisi incelenmiştir. Tarhun yaprakları sırasıyla %17, %7 ve %2.5 bağıl nem seviyelerinde 45, 60 ve 90°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Ayrıca %18 bir bağıl nemde, 60°C'de ve 0.6 m/s' hava hızında kurutulan örnekler depolanmıştır. Taze ve kurutulmuş yapraklar için kurutmadan hemen sonra ve 15, 30, 60 ve 120 gün boyunca depolamadan sonra yağ içeriği ve renk değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar, depolama süresi boyunca 45 ve 60°C'de kurutulan ürün için renk tonu değeri hemen hemen sabit kalmış fakat 90°C'de kurutulan örneklerin renk tonu değeri ilk 30 gün boyunca azalmış ve daha sonra, kurutulan örneklerin tonu ile aynı seviyede kaldığı belirlenmiştir. Kurutma süresinin geri kalanı için 60°C'de kurutma havasının bağıl neminin etkisi sınırlıdır, ancak %7 bağıl nem için renk tonu, %18 bağıl nemde kurutulan örneklerin renk tonunun altında saptanmıştır. Bizim çalışmamızda bu çalışmaya kıyasla depolama boyunca renk değerlerinde azalmalar görülmüştür.

6.7.2 Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Su Aktivitesi Üzerindeki Etkisi

Kurutma işleminde sıcaklık sadece suyu buharlaştırarak uzaklaştırmakla kalmayıp uçucu lezzet bileşeni kayıplarına da sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı kurutulmuş olan birçok gıda taze haldeki durumuna göre daha az aroma içermektedir. Kurutmanın ilk aşamalarında uçucu özelliği ve difüzyon hızı yüksek olan uçucu lezzet ve aroma bileşenleri hızla gıdadan uzaklaşır. Bu sebepten dolayı tıbbi bitkiler ve baharatlar gibi karakteristik aromaya sahip gıdaların kurutulmasında daha düşük sıcaklıklar tercih edilmektedir. Gıdaların gözenekli yapılarından dolayı oksijen gıdaya daha hızlı etki eder ve uçucu bileşen ve lipidler okside olarak aroma kayıpları artmaktadır. Gıdaların depolanmasında, depolama sıcaklığı ve su aktivitesi değerlerine bağlı olarak gıdanın bozulma hızı değişmektedir (Fellows, 2000).

Farklı şekillerde paketlenen kurutulmuş ökse otu yapraklarının, depolama süresi boyunca a_w değerleri ölçülmüş ve Tablo 1’de verilmiştir. Dört aylık depolama sonunda, düşük sıcaklıkta depolanan örneklerin a_w değeri ile oda sıcaklığında depolananlar arasında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Depolama süresince, hem düşük sıcaklıkta hem de oda sıcaklığında depolanan AP, MAP1 ve MAP2 tekniği ile paketlenmiş örneklerin a_w değerlerine bakıldığında, 0. ve 4. ay a_w değerleri arasında da yine belirgin bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Depolama süresinin sonunda tüm örneklerin a_w değerleri %0.72-3.38 oranında artış göstermiş olsa da bu artış istatistiksel açıdan önemli düzeyde değildir ($p>0.05$). Potisate ve diğ. (2015) tıbbi ve aromatik bir bitki olan *Moringa oleifera* yapraklarını sıcak hava ile kurutmuşlardır. Kuru örnekleri polipropilen torbalar içerisinde 15, 25 ve 35°C sıcaklıklarda 6 ay boyunca depolamışlardır. Depolama sonunda, a_w değerlerinin 0.373’ten 0.669’a yükseldiğini ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada, Phahom ve diğ. (2017) *Thunbergia laurifolia* yapraklarını dondurarak kurutma yöntemiyle ve mikrodalga destekli ısı pompalı kurutucuda kurutmuşlardır. Kurutulmuş yapraklar, polipropilen (PP) veya alüminyum lamine poşetlerde (ALP) 15, 25 veya 35°C’de ve %60 bağıl nemde depolanmıştır. Depolama sırasında, mikrodalga destekli ısı pompalı kurutucuda kurutulan örneklerde, su aktivitesinin çok fazla değişiklik göstermediğini belirtmişlerdir. Çalışmada, a_w değerlerinin 0.41 ile 0.50 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Mikroorganizmalar genel olarak a_w değeri 0.60'ın altında gelişme olanağı bulamazlar. Patojen bakterilerin faaliyet gösterdikleri a_w alt sınırı 0.85 iken, birçok maya ve küf 0.62 su aktivite değerinin altında gelişemez. Diğer yandan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından maillard reaksiyonlarının hızı a_w 0.65-0.80 arasında maksimuma ulaşmaktadır (Rahman 2007). Bu nedenle örneklerin a_w değerleri bu değişimler açısından irdelenmiş, her ne kadar örneklerde a_w artışı olsa da 4 aylık depolama periyodundaki bu artışlar gerek mikrobiyal faaliyetler gerekse enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını tetikleyecek seviyeye ulaşmamıştır.

Sonuç olarak, düşük sıcaklıkta ve oda sıcaklığında depolanan örneklerin depolama sonunda a_w değerleri arasında istatistiksel açıdan bir farkın olmaması bu örneklerin düşük sıcaklık yerine oda sıcaklığında da muhafaza edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca modifiye atmosferde paketlenmiş (MAP1 ve MAP2) örneklerin a_w değerleri ile normal atmosfer havasında paketlenmiş (AP) örneklerin a_w değerleri arasında istatistiksel açıdan belirgin bir farkın olmayışı ürünlerin paketlenmesinde daha ekonomik olan AP tekniğinin kullanılabilmesini göstermektedir.

Tablo 6.16: Paketleme gaz içeriklerinin ökse otu yaprağı depolanmasında su aktivitesi değerleri değişimi

Depolama süresi (ay)	Depolama koşulları					
	Düşük Sıcaklık (4°C)			Oda Sıcaklığı (25°C)		
	AP	MAP1	MAP2	AP	MAP1	MAP2
0	0.413 ^{aA}	0.413 ^{aA}	0.413 ^{aA}	0.413 ^{aA}	0.413 ^{aA}	0.413 ^{aA}
1	0.427 ^{aC}	0.379 ^{bB}	0.390 ^{abB}	0.327 ^{bA}	0.341 ^{bA}	0.327 ^{cA}
2	0.427 ^{aC}	0.475 ^{cB}	0.463 ^{cB}	0.327 ^{bA}	0.308 ^{bA}	0.306 ^{cA}
3	0.389 ^{bA}	0.389 ^{bA}	0.369 ^{bA}	0.420 ^{aB}	0.456 ^{cC}	0.369 ^{bA}
4	0.427 ^{aA}	0.427 ^{aA}	0.424 ^{aA}	0.421 ^{aA}	0.416 ^{aA}	0.416 ^{aA}

^{A-C} Aynı satırda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı sütunda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur ($p < 0.05$).

6.7.3 Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerindeki Etkisi

Antioksidanlar, aktif oksijen oluşumunu engellemekte ya da oluşan aktif oksijenlerin, oksidasyonla oluşturduğu hücresel tahribatları önlemektedir. Antioksidan özellikleri ile öne çıkan doğal maddeler, karotenoidler, E ve C vitaminleri ve fenolik maddelerdir. Antioksidanlar, kanser, kalp-damar hastalıkları ve şeker hastalığı gibi kronik hastalıkların olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Yapılan araştırmalar ile günlük tüketimlerinin artırılması ile bu tür hastalıkların önlenebileceği öngörülmektedir (Tosun ve Karadeniz, 2005).

Kurutulmuş ökse otu yapraklarının depolamaya başlamadan önce toplam antioksidan aktivite değeri 41.27 ± 1.39 $\mu\text{mol TE}/100\text{g DM}$ olarak hesaplanmıştır. Tablo 3 incelendiğinde, toplam fenolik madde sonuçlarında olduğu gibi düşük sıcaklıkta depolanan örneklerdeki toplam antioksidan aktivite değerindeki azalma, oda sıcaklığında depolanan örneklerdeki toplam antioksidan aktivite değerindeki azalmadan daha azdır. Nitekim MAP2 örneklerinde, dört ay sonunda düşük sıcaklıkta depolananlarda %23.82 oranında bir kayıp meydana gelirken oda sıcaklığında depolananlarda ise kayıp oranı %34.48 olarak hesaplanmıştır. Benzer sonuç, diğer paketlerde (AP ve MAP1) depolanan örneklerde de belirlenmiştir. Sonuç olarak, antioksidan aktivite değerindeki kayıpları minimize etmek için kurutulmuş ökse otu yapraklarını düşük sıcaklıklarda depolamanın uygun olacağı düşünülmektedir. Düşük sıcaklıkta depolanan, AP ve MAP1 örneklerinin dört ay sonundaki antioksidan aktivite değerleri arasında istatistiksel açıdan bir fark belirlenmemiştir ($p > 0.05$). Benzer sonuç oda sıcaklığında depolanan AP ve MAP1 örnekleri içinde elde edilmiştir. Hem düşük sıcaklıkta hem de oda sıcaklığında depolanan MAP2 örneklerine ait antioksidan aktivite değerleri diğer örneklere (AP ve MAP1) göre istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca MAP2 örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin daha yüksek olduğu Tablo 3'ten görülmektedir. Bu durum kurutulmuş ökse otu yapraklarının antioksidan aktivite değerlerindeki depolama sırasında oluşabilecek kaybın daha az olmasında %100 N_2 gazının paketlemede kullanılabileceğini göstermektedir.

Elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. Nitekim Potisate ve diğ. (2015) kurutulmuş *Moringa oleifera* yapraklarını metalize film

laminat ambalaj malzemesiyle paketlenmişlerdir. Araştırmacılar, örnekleri altı ay boyunca depolamışlar ve antioksidan aktivite değerlerinde %23 oranında bir kaybın olduğunu ifade etmişlerdir. Phahom ve Roudaut (2022) kırmızı nilüfer yapraklarını sıcak havalı kurutucuda 60°C’de kurutmuşlardır. Kurutulan yaprakları, 4 hafta boyunca depolamışlardır. Depolama sonunda örneklerin antioksidan aktivite değerlerinde azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Tablo 6.17: Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprığı Depolanmasında Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerindeki Etkisi

Depolama süresi (ay)	Depolama koşulları					
	Düşük Sıcaklık (4°C)			Oda Sıcaklığı (25°C)		
	AP	MAP1	MAP2	AP	MAP1	MAP2
0	41.27±1.39 ^{aA}	41.27±1.39 ^{aA}	41.27±1.39 ^{aA}	41.27±1.39 ^{aA}	41.27±1.39 ^{aA}	41.27±1.39 ^{aA}
1	36.96±0.17 ^{abA}	37.85±0.30 ^{ba}	38.55±2.38 ^{aA}	35.43±0.75 ^{ba}	36.17±0.87 ^{ba}	38.93±0.27 ^{ba}
2	34.89±2.85 ^{ba}	35.34±0.87 ^{ca}	36.49±2.21 ^{bcA}	32.32±0.71 ^{ca}	33.05±0.84 ^{caC}	34.06±1.08 ^{caC}
3	31.93±0.71 ^{bcA}	32.15±0.33 ^{da}	33.19±0.62 ^{cb}	27.99±0.08 ^{cd}	29.23±0.04 ^{de}	30.94±0.62 ^{daE}
4	26.98±0.07 ^{da}	27.88±1.28 ^{ca}	31.44±0.69 ^{db}	24.53±0.35 ^{cd}	24.92±0.28 ^{cd}	27.04±0.51 ^{ea}

^{A-C} Aynı satırda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

^{a-c} Aynı sütunda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

6.7.4 Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprığı Depolanmasında Toplam Fenolik Madde Değeri Üzerindeki Etkisi

Bitkiler, doğal antioksidan bileşiklerin kaynağını oluşturmaktadır. Fenolik maddeler de doğal antioksidanların en önemli gruplarıdır. Fenolik maddeler; hidroksil grubu ile birlikte en az bir benzen halkası ve diğer kompleks aromatik bileşikleri içermektedir (Crozier ve ark. 2009). Bitkisel ürünlerde bulunan fenolik maddeler, nitelik ve nicelik açısından, bitki varyasyonları, yetiştirme ortamı koşulları, hasat sırasındaki olgunluk derecesi, hasat sonrası işlemler, muhafaza koşulları, bölge, çeşit ve kültürel işlemlere göre değişkenlik göstermektedir (Mitjavila ve Moreno 2012; Sobhani ve diğ., 2021).

Kondüksiyon ile ısı iletimi sağlayan bir kurutucuda 60°C’de kurutulan ökse otu yapraklarının farklı sıcaklıklarda (4°C ve 25°C) ve farklı gaz içeriğine sahip paketlerde

(AP, MAP1 ve MAP2) depolanması süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Tablo 2’de görülmektedir. Kurutulmuş ökse otu yapraklarının depolamaya başlamadan önce toplam fenolik madde içeriği 301.73 ± 2.49 mg GAE/100 g DM olarak hesaplanmıştır. Dört aylık depolama sonunda, örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde %62.00-%71.96 arasında bir kayıp meydana gelmiştir. Düşük sıcaklıkta depolanan örneklerdeki toplam fenolik madde içeriğindeki azalma oda sıcaklığında depolanan örneklerdeki toplam fenolik madde içeriğindeki azalmadan daha azdır. Yani depolama sıcaklığının yükselmesiyle örneklerdeki toplam fenolik madde içeriğindeki azalma artmıştır. En fazla toplam fenolik madde kaybının oda sıcaklığında (25°C) ve normal atmosfer havasıyla paketlenmiş (AP) örneklerde olduğu belirlenmiştir. En az kayıp ise düşük sıcaklıkta (4°C) ve %100 N₂ ile paketlenmiş (MAP2) örneklerde saptanmıştır. Potisate ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada, kurutulmuş *Moringa oleifera* yapraklarını depolamadan önce toplam fenolik madde içeriğini 17.39 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir. Üç farklı sıcaklıkta (15 , 25 ve 35°C) 6 ay boyunca depolanan örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde depolama sıcaklığı arttıkça azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Antioksidanlar, aktif oksijen oluşumunu engellemekte ya da oluşan aktif oksijenlerin, oksidasyonla oluşturduğu hücresel tahribatları önlemektedir. Antioksidan özellikleri ile öne çıkan doğal maddeler, karotenoidler, E ve C vitaminleri ve fenolik maddelerdir. Antioksidanlar, kanser, kalp-damar hastalıkları ve şeker hastalığı gibi kronik hastalıkların olumsuz etkilerini azaltmaktadır.

Tablo 6.18: Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Fenolik Madde Değeri Üzerindeki Etkisi

Depolama süresi (ay)	Depolama koşulları					
	Düşük Sıcaklık (4°C)			Oda Sıcaklığı (25°C)		
	AP	MAP1	MAP2	AP	MAP1	MAP2
0	301.73±2.49 ^a A	301.73±2.49 ^{aA}	301.73±2.49 ^a A	301.73±2.49 ^a A	301.73±2.49 ^{aA}	301.73±2.49 ^{aA}
1	124.05±0.49 ^b C	128.61±4.83 ^{bA} B	135.51±2.85 ^b B	117.91±2.28 ^b D	123.13±0.59 ^{bC}	127.23±0.62 ^{bBC}
2	118.31±3.46 ^c A	121.07±0.54 ^{cA}	125.09±2.67 ^c A	102.53±0.99 ^c B	121.94±1.10 ^{bA}	116.04±3.41 ^{cA}
3	102.41±0.21 ^d A	110.88±1.86 ^{dB}	118.13±0.29 ^d C	94.02±1.90 ^{dD}	105.99±4.26 ^{cAB}	108.36±1.80 ^{dAB}
4	97.04±0.77 ^{eA}	103.91±1.50 ^{eB}	114.66±2.22 ^d C	84.60±0.30 ^{eD}	96.66±0.98 ^{dA}	103.82±6.22 ^{dAB}

^{A-D} Aynı satırda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

^{a-e} Aynı sütunda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

6.7.5 Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Askorbik Asit Değeri Üzerindeki Etkisi

Tablo 6.19: Paketlemede Gaz İçeriklerinin Ökse Otu Yaprağı Depolanmasında Toplam Askorbik Asit Değeri Üzerindeki Etkisi

Depolama süresi (ay)	Depolama koşulları					
	Düşük Sıcaklık (4°C)			Oda Sıcaklığı (25°C)		
	AP	MAP1	MAP2	AP	MAP1	MAP2
0	476.17±3.56 ^{aA}	476.17±3.56 ^{aA}	476.17±3.56 ^{aA}	476.17±3.56 ^{aA}	476.17±3.56 ^{aA}	476.17±3.56 ^{aA}
1	450.47±1.27 ^{bA}	454.53±0.29 ^{bB}	460.86±0.04 ^{bC}	445.07±0.76 ^{bD}	451.21±0.57 ^{bA}	455.12±0.01 ^{bB}
2	434.65±4.99 ^{cA}	445.51±1.45 ^{cB}	451.44±0.75 ^{cC}	410.99±1.44 ^{cD}	440.63±1.49 ^{cA}	444.42±0.53 ^{cB}
3	418.58±0.17 ^{dA}	429.21±0.35 ^{dB}	434.01±1.50 ^{dC}	391.74±1.15 ^{dD}	423.22±0.87 ^{dE}	428.50±0.99 ^{dB}
4	397.03±2.51 ^{eA}	414.01±2.43 ^{eB}	418.80±1.05 ^{eB}	373.89±0.89 ^{eC}	400.45±0.76 ^{eA}	406.06±0.33 ^{eD}

^{A-E} Aynı satırda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

^{a-e} Aynı sütunda ortak bir harfe sahip ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05).

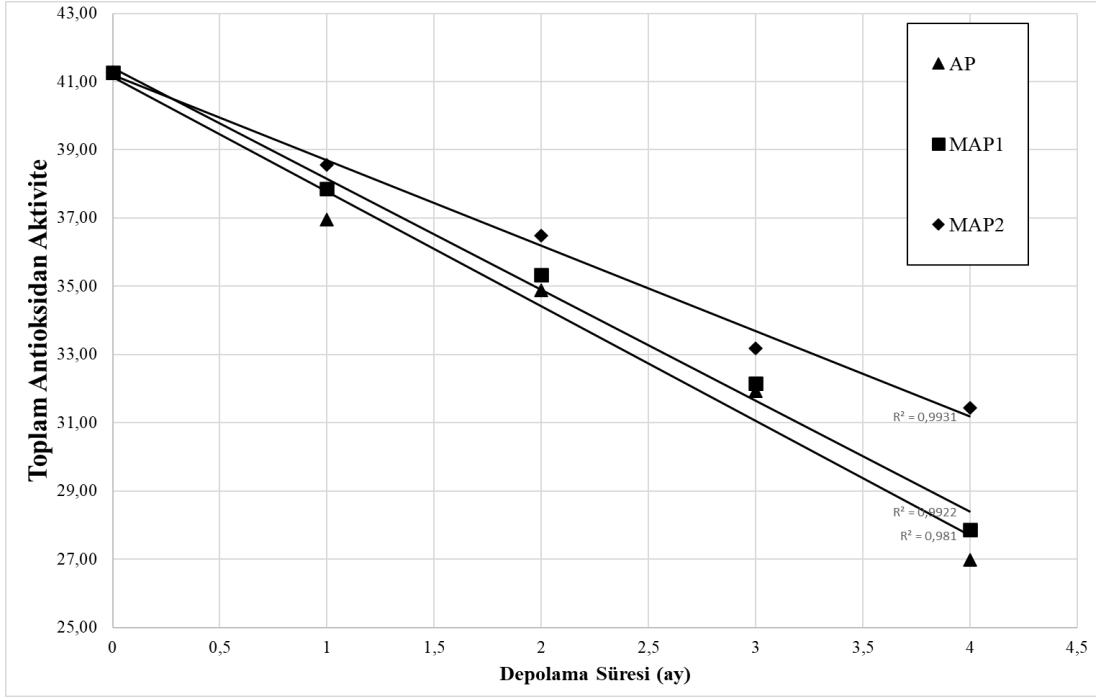
6.8 Ökse Otu Yaprağında Biyoaktif Bileşenlerin Reaksiyon Derecesinin Belirlenmesi

Üç farklı şekilde paketlenmiş ve 4°C’de depolanan kurutulmuş ökse otu yapraklarına ait toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite ve askorbik asit içeriğinin değişimini ifade eden kinetik parametreler Tablo 20’de verilmiştir. Genel olarak, TPC ve AAC'deki değişiklikleri açıklamak için tek bir model yeterli değildi. Ancak sıfır dereceli model, 0.9931-0.9810 arasındaki R^2 değerleriyle TAA'daki değişikliklere iyi uyuyordu. (Şekil 7). TAA değişimine ait reaksiyon hız sabiti değerlerine bakıldığında, AP örneklerinde en yüksek MAP2 örneklerinde ise en düşük değerlerin hesaplandığı görülmektedir (Tablo 20). Bu durum, atmosfer havasıyla ambalajlanmış ökse otu yapraklarında, depolama süresince TAA kaybının daha hızlı gerçekleştiğini göstermektedir. Ayrıca %100 N₂ gazı ile paketlenmiş (MAP2) örneklerde ise TAA kaybının daha yavaş olduğu sonucuna da varılmaktadır. Her ne kadar TPC ve AAC değerleri için net bir reaksiyon derecesi belirlenmemiş olsa da benzer sonuç bu iki değer içinde elde edilmiştir. Nitekim Tablo 20’de TPC değerine ait sıfırcı dereceden reaksiyon modeli için hesaplanan hız sabitlerinin AP, MAP1 ve MAP2 örnekleri için sırasıyla 9.693, 8.429 ve 7.231 olduğu görülmektedir.

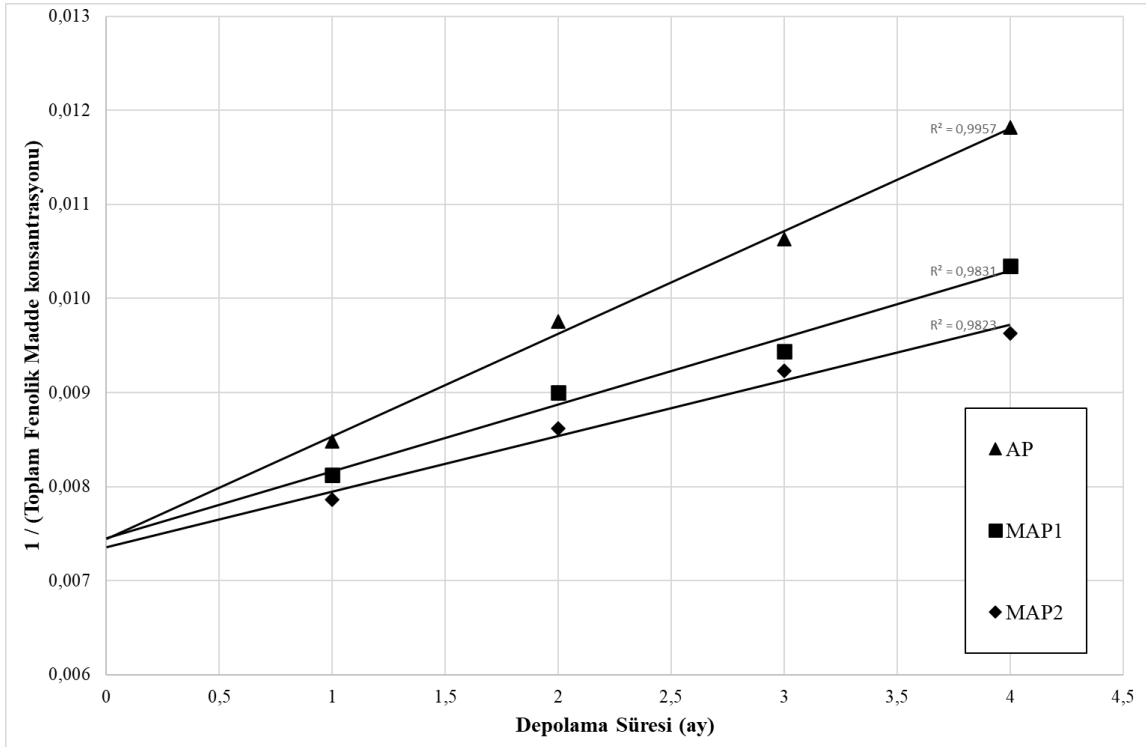
Üç farklı şekilde paketlenmiş ve 25°C’de depolanan kurutulmuş ökse otu yapraklarına ait biyoaktif bileşenlerin değişimini ifade eden kinetik parametreler hesaplanmış ve Tablo 21’de verilmiştir. 4°C’de depolanan örneklerde olduğu gibi 25°C’de depolanan örneklerin de AAC değerinin değişimini ifade eden net bir reaksiyon derecesi belirlenememiştir. Fakat TPC ve TAA değerlerinin değişimini ifade eden reaksiyon dereceleri belirlenmiştir. Tablo 21’den de görüldüğü gibi TPC değerlerine ait sıfırcı, birinci ve ikinci dereceden reaksiyon modeli için hesaplanan R^2 değerlerinden ikinci dereceden reaksiyon modeline R^2 değerlerinin 1’e daha yakındır. Bu durum, 25°C’de üç farklı şekilde paketlenerek depolanan kuru ökse otu yapraklarının TPC değişiminin ikinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği anlamına gelmektedir (Şekil 8). TPC değerlerine ait reaksiyon hız sabiti değerleri, AP, MAP1 ve MAP2 örnekleri için sırasıyla 0.0011, 0.0007 ve 0.0006 olarak hesaplanmıştır. Dikkat edileceği üzere normal atmosfer havasıyla paketlenen (AP) kuru ökse otu yapraklarındaki TPC kaybını ifade reaksiyon hızı, modifiye atmosfer paketlenme tekniği ile paketlenmiş (MAP1 ve MAP2) örneklerinden daha hızlı gerçekleşmektedir. Benzer sonuç TAA ve AAC kaybını ifade eden reaksiyon hız sabitlerinde de görülmektedir. Bu durum kuru

ökse otu yapraklarının paketlenmesinde normal atmosfer havası yerine modifiye atmosfer havasının tercih edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ayrıca MAP2 örneklerinde paket içerisinde % 100 N₂ gazının bulunması ve depolama sırasında bu örneklerdeki kalite kayıp hızının düşük olması azot gazının bu tür ürünlerinde paketlenmesinde uygun olacağı düşünülmektedir. Tablo 21’de TAA değerlerinin değişimini ifade sıfırcı ve birinci dereceden reaksiyon modellerine ait R² değerleri hem 1’e hem de birbirilerine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu yüzden TAA değerlerinin 25°C’de depolama süresince değişimi hem sıfırcı hem de birinci derece kinetik modele uygun olarak gerçekleşmiştir (Şekil 9’a ve Şekil 9’b).

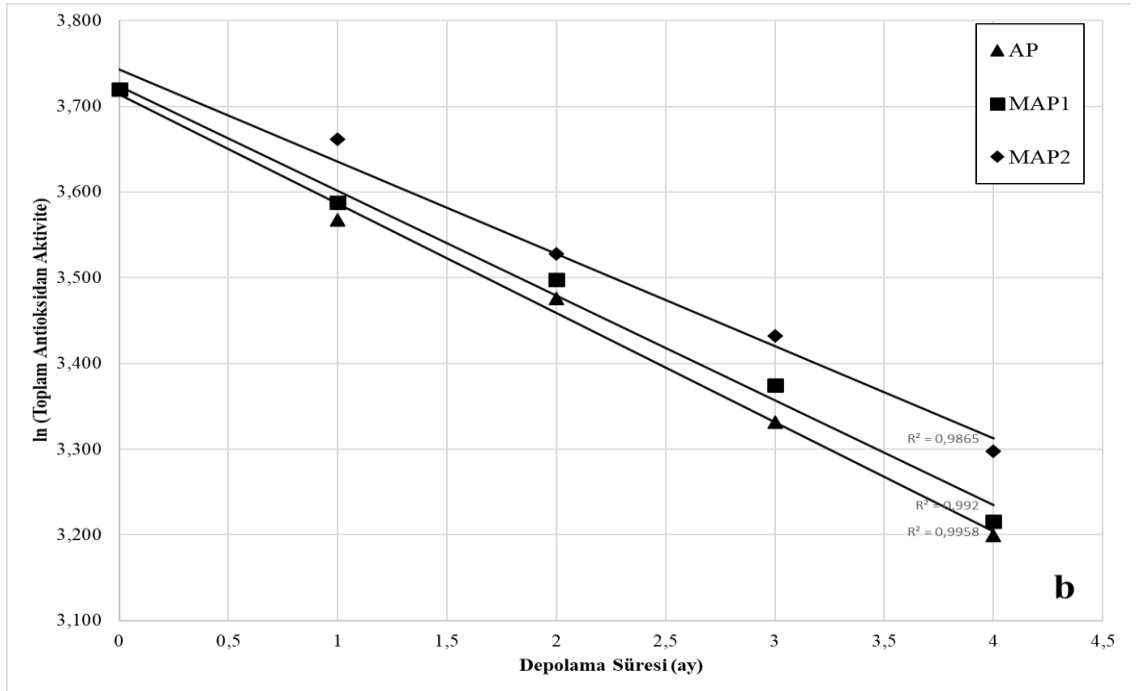
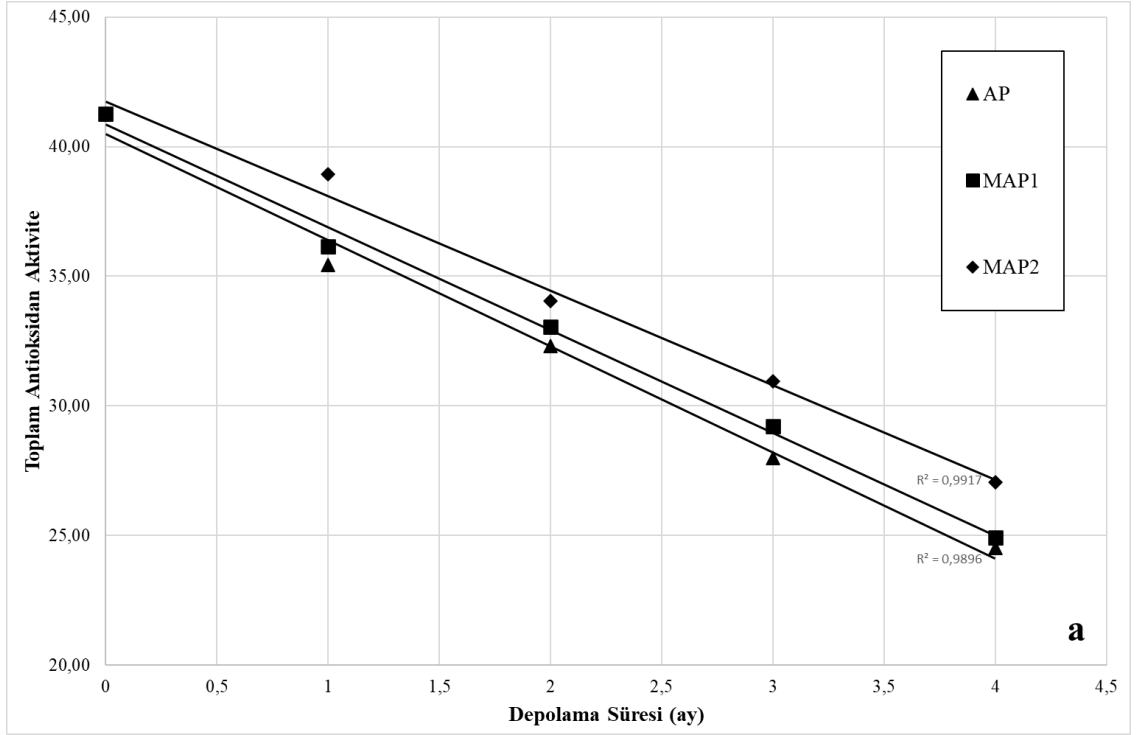
Çalışmadan elde edilen bulgular, literatür verileriyle uyum içinde bulunmaktadır. Nitekim Potisate ve diğ. (2015) kuru *Moringa oleifera* yapraklarını farklı sıcaklıklarda, 6 aylık depolama sürecinde toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değişimine ait net bir reaksiyon derecesi belirleyemediklerini ifade etmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada, Klungboonkronk ve diğ. (2019) kedi bıyığı otunu (*Orthosiphon aristatus*) kuruttuktan sonra üç farklı sıcaklıkta (15, 25 ve 35°C) ve farklı ambalajlarda depolamışlardır. Depolama süresince örneklerin biyoaktif bileşen içeriklerini belirlemişlerdir. Yapılan kinetik modellemeler sonucunda, örneklerin depolanması sırasında biyoaktif bileşenlerin değişim kinetiğinin birinci dereceden reaksiyon modeline uyduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 6.7: 4°C Ökse otu yaprağı depolamasında toplam antioksidan aktivite değeri üzerindeki değişiminin sıfırıncı dereceden kinetik modeli



Şekil 6.8: 25°C Ökse otu yaprağı depolamasında toplam fenolik madde değeri üzerindeki değişiminin ikinci dereceden kinetik modeli



Şekil 6. 9: 25°C Ökse otu yaprağı depolamasında toplam antioksidan aktivite değeri üzerindeki değişiminin a: sıfıncı dereceden kinetik modeli, b: birinci dereceden kinetik modeli

Tablo 6.20: 4°C’de farklı depolama koşullarında sıcaklıklarında Toplam antioksidan aktivite (TAA), Toplam fenolik madde içeriği (TPC) ve Askorbik asit içeriği (AAC) için sıfır, birinci ve ikinci dereceden modellerin kinetik parametreleri*

Depolama koşulları	Kalite Parametresi	Sıfıncı Dereceden Model			Birinci Dereceden Model			İkinci Dereceden Model		
		k_0	C_0	R^2	k_1	C_0	R^2	k_2	C_0	R^2
AP	TPC	9.693	134.69	0.9564	0.088	136.97	0.9565	0.0008	140.85	0.9560
	TAA	3.361	41.13	0.9810	0.099	41.57	0.9676	0.0030	42.19	0.9447
	AAC	19.017	473.41	0.9922	0.044	474.23	0.9936	0.0001	476.19	0.9931
MAP1	TPC	8.429	137.19	0.9949	0.073	138.82	0.9950	0.0006	140.85	0.9936
	TAA	3.250	41.39	0.9922	0.095	41.80	0.9803	0.0028	42.37	0.9610
	AAC	14.965	473.82	0.9881	0.034	474.28	0.9896	0.00008	476.19	0.9900
MAP2	TPC	7.231	142.13	0.9707	0.058	143.12	0.9739	0.0005	144.93	0.9764
	TAA	2.503	41.19	0.9931	0.069	41.38	0.9829	0.0019	41.66	0.9800
	AAC	14.160	476.58	0.9930	0.032	477.08	0.9910	0.00007	476.19	0.9882

* k_0 , k_1 , k_2 ve C_0 : sırasıyla reaksiyon hızı sabiti sıfır, birinci, ikinci derece model ve kalite parametrelerinin başlangıç değeri.

Tablo 6.21: 25°C’de farklı depolama koşullarında sıcaklıklarında Toplam antioksidan aktivite (TAA), Toplam fenolik madde içeriği (TPC) ve Askorbik asit içeriği (AAC) için sıfır, birinci ve ikinci dereceden modellerin kinetik parametreleri*

Depolama koşulları	Kalite Parametresi	Sıfıncı Dereceden Model			Birinci Dereceden Model			İkinci Dereceden Model		
		k_0	C_0	R^2	k_1	C_0	R^2	k_2	C_0	R^2
AP	TPC	10.843	126.87	0.9802	0.108	129.80	0.9907	0.0011	135.14	0.9957
	TAA	4.093	40.49	0.9896	0.128	41.03	0.9958	0.0041	41.84	0.9888
	AAC	25.790	471.15	0.9797	0.061	472.34	0.9872	0.00010	476.19	0.9927
MAP1	TPC	8.452	130.35	0.9777	0.077	131.99	0.9821	0.0007	135.14	0.9831
	TAA	3.967	40.85	0.9951	0.122	41.42	0.9920	0.0038	42.37	0.9760
	AAC	17.946	474.23	0.9857	0.041	475.04	0.9846	0.00009	476.19	0.9817
MAP2	TPC	7.790	133.33	0.9648	0.068	134.50	0.9743	0.0006	135.14	0.9823
	TAA	3.645	41.74	0.9917	0.108	42.22	0.9865	0.0032	42.92	0.9742
	AAC	16.685	475.42	0.9872	0.038	476.13	0.9845	0.00009	476.19	0.9803

* k_0 , k_1 , k_2 ve C_0 : sırasıyla reaksiyon hızı sabiti sıfır, birinci, ikinci derece model ve kalite parametrelerinin başlangıç değeri.

7. SONUÇ

Bu çalışmada, ökse otu (*Viscum Album L.*) bitkisinin yaprakları kondüksiyon tip kurutucuda kurutulmuştur. Nem içeriği, kuruma kinetiği, kurutma havası sıcaklığının kurumaya etkileri, renk, su aktivitesi, toplam antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve askorbik asit içerikleri incelenmiştir. Ökse otu yapraklarının 4 ay depolama süreci boyunca bileşenlerinin nasıl değişeceği merak edilmiş ve bunun üzerine de depolama çalışması yapılmıştır. Depolama süresi boyunca renk, su aktivitesi, toplam antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve askorbik asit içeriklerinin değişimleri incelenmiştir.

Kondüksiyon tipi kurutucuda kurutma sıcaklığının artması ile kurutma sürecinin kısaldığı saptanmıştır. Kondüksiyon tipi kurutucuda kurutulan ökse otu yapraklarının kuruma hızı grafiklerinden de anlaşılacağı üzerine kurutma hızının sıcaklıkla arttığı belirlenmiştir.

Yapılan biyoaktif bileşen analizlerinde elde edilen verilere göre askorbik asit miktarına kurutma sıcaklığı, kurutma süresini kısalttığı için olumlu etki göstermiştir. Kondüksiyon tipi kurutucuda yüksek sıcaklıklarda kurutulan ökse otu yapraklarında askorbik asit daha az bozulduğu saptanmıştır. Kinetik veriler incelendiğinde, beklendiği gibi sıcaklık yükseldikçe askorbik asit degradasyon hızının arttığı görülmektedir. Antioksidan aktivite değerleri incelendiği zaman kurutma sıcaklığı arttıkça toplam antioksidan aktivite degradasyon hızının arttığı görülmektedir. 50°C ve 60°C kurutma sıcaklıklarında toplam antioksidan değerleri arasında fark olmadığı görülmüştür. Toplam fenolik madde içerikleri incelendiğinde sıcaklık yükseldikçe toplam fenolik madde degradasyon hızının arttığı görülmektedir.

Literatürde mevcut olan tek tabaka kurutma modellerinden beş model (Modifiye Page model, Page model, Henderson ve Pabis model, Lewis model ve Logaritmik model) denenmiştir. Bu denenmiş modeller arasında kondüksiyon tip kurutucu için çalışılan sıcaklık ökse otu bitkisinin yapraklarının kuruma davranışını en iyi ifade eden modelin en düşük χ^2 ve en yüksek R^2 değerini veren Page ve Modifiye Page modeli olduğu tespit edilmiştir.

Ökse otu yaprakları yapılan kurutma deneyleri sırasında en uygun koşul olarak 60°C belirlenmiştir. Bu sıcaklık şartlarında kurutma gerçekleştirilip depolanmıştır. Kurutulmuş ökse otu yaprakları oksijen ve su geçirgenliği düşük polietilen ambalajlarda normal atmosferde, vakum ve modifiye atmosfer teknikleri ile paketlenmiştir. Depolama sürecinde, belirli aralıklarla örnek alınmış ve bu örneklerde biyoaktif bileşen analizleri, renk ve su aktivitesi analizleri gerçekleştirilmiştir.

Depolama süresince hem düşük sıcaklıkta hem de oda sıcaklığında depolanan AP, MAP1 ve MAP2 tekniği ile paketlenmiş örneklerin a_w değerlerine bakıldığında, 0. ve 4. ay a_w değerleri arasında belirgin bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Dört aylık depolama sonunda, örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde %62.00-%71.96 arasında bir kayıp meydana gelmiştir. Oda sıcaklığında depolanan AP, MAP1 ve MAP2 örneklerinde sırasıyla %21.48, %15.90 ve %14.72 oranında askorbik asit içeriğinde kayıp meydana gelmiştir. Düşük sıcaklıkta depolanan örneklerde ise bu kayıp oranları sırasıyla %16.62, %13.05 ve %12.05 olarak hesaplanmıştır. Hem 4°C’de hem de 25°C’de depolanan örneklerin AAC değerinin değişimini ifade eden net bir reaksiyon derecesi belirlenememiştir.

Kurutulmuş ökse otu yapraklarının TPC, TAA ve AAC gibi biyoaktif bileşikleri, 4° ve 25°C sıcaklıklarda depolama sırasında takip edildi ve yüksek sıcaklıklarda kayıplara uğradığı görülmüştür. Kurutulmuş ökse otu yapraklarında, en yüksek biyoaktif bileşenlerin görüldüğü sıcaklık düşük sıcaklıkta paketlenen ökse otu yapraklarında olduğu görülmüştür.

Normal atmosfer havasıyla paketlenen (AP) kuru ökse otu yapraklarındaki TPC, TAA ve AAC kaybını ifade reaksiyon hızı, modifiye atmosfer paketlenme tekniği ile paketlenmiş (MAP1 ve MAP2) örneklerindeki daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu yüzden kuru ökse otu yapraklarının paketlenmesinde normal atmosfer havası yerine modifiye atmosfer havasının tercih edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

8. KAYNAKLAR

Aktaş, C., Patlıcanın Kurutma ve Rehidrasyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 107s, İstanbul, (2015).

Aktaş, M., Gönen, E., 'Isı Pompalı Nem Kontrollü Bir Kurutucuda Defne Yaprağı Kurutulması', Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 29, No 2, 433-441, (2014).

Alçay, A. Ü. , Yalçın, S. , Bostan, K., Dinçel, E., Orta Asya'dan Anadolu'ya Kurutulmuş Gıdalar, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi , (37) , 83-93, (2015).

Alibas, I., Determination of drying parameters, ascorbic acid contents and color characteristics of nettle leaves during microwave-, air-and combined microwave–air-drying. *Journal of Food Process Engineering*, 33(2), 213-233., (2010).

Alibas, I., Determination of drying parameters, ascorbic acid contents and color characteristics of nettle leaves during microwave-, air-and combined microwave–air-drying. *Journal of Food Process Engineering*, 33(2), 213-233, (2010).

Alibas, I., Yilmaz, A., Asik, B. B., & Erdoğan, H., Influence of drying methods on the nutrients, protein content and vitamin profile of basil leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103758, (2021).

Alibaş, İ., Microwave, Air And Combined Microwave-Air Drying Parameters of Pumpkin Slices. Science Direct, LWT: 40, pp. 1445-1451, Bursa, Turkey, (2007a).

Almela, L., Fernandez-Lopez, J.A., Roca, M.J., High-performance liquid chromatographic screening of chlorophyll derivatives produced during fruit storage. *Journal of Chromatographic A.*, 870: 483-489, (2000).

Apaydın, N., 'Aydın Yöresinde İncir Kurutmada Kullanılacak Olan Doğal Akımlı Bir Güneş Enerjili Kurutucunun Modellenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).

Araújo, A. C., Oliveira, S., M., Ramos, I., N., Brandão, T., R., S., Monteiro, M., J. and Silva, C., L., M., 'Evaluation of Drying and Storage Conditions on Nutritional and Sensory Properties of Dried Galega Kale (Brassica oleracea L. var. Acephala)' Hindawi Journal of Food Quality Volume, (2017).

Arima, A., Progress in particle and nuclear physics, vol 4, New York: Pergamon, 45-52, (1978).

Arts, I. C. and Hollman, P. C., Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, 81,317-325, (2009).

Araújo, A. C., Oliveira, S. M., Ramos, I. N., Brandão, T. R., Monteiro, M. J., & Silva, C. L. (2017). Evaluation of drying and storage conditions on nutritional and sensory properties of dried galega kale (*Brassica oleracea* L. var. *Acephala*). *Journal of Food Quality*, 2017.

Ateş, F., “Grup ve Monoid Yapılarına Geometrik Yaklaşımlar”, Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, Matematik Anabilim Dalı, Balıkesir, (2007).

Barbosa- Canovas, G. V. ve Vega-Mercado, H., *Dehydration of Foods*, Chapman & Hall Publication., First Edition, New York, Amerika, (1996).

Barimah, J., Yanney, P., Laryea, D., & Quarcoo, C., Effect of drying methods on phytochemicals, antioxidant activity and total phenolic content of dandelion leaves. *Am J Food Nutr*, 5(4), 136-141, (2017).

Bar-sela, G., ‘White Berry Mistletoe (*Viscum Album* L.) as complementary treatment in cancer: Does it help?’, *European Journal of Integrative Medicine* 3, 55-62, (2011).

Başer, K. H. C., Industrial plants as sources of dietary supplements. In ‘Dietary supplements of origin’, M. Maffei (Ed), Taylor and Francis., London, pp. 31-42, (2003).

Bayram, Y., Torlak, Y. ve Sağdıç, O., Üvez Meyvesinin Antioksidan Aktivitesi. *European Journal of Science and Technology*, 16, 933–939, (2019).

Baytop, T., Türkiye’de Bitkilerle Tedavi, 2.baskı, Nobel Tıp Kitap Evleri, 975-420-021-1, (1999).

Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P., "Food Chemistry, 4th edition" Springer Verlag, s:1070, Berlin, Almanya, (2009).

Bingöl, G. ve Devres, B., Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri 4. İTÜ Fen Bilimleri Fakültesi (Kısaltılmış Doktora Tezi), İstanbul, (2010).

Brennan, J.G, *Food Processing Handbook*. WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, 602 p, Weinheim, (2006).

Brewer, M. S. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 10(4), 221-247.

Campbel, C. M., Robertson, E. F. and Williams, P. D., “On the efficiency of some direct powers groups”, (ed: L. G. Kovacs), *Groups-Canberra* 1989, Springer-Verlag, 106-113, (1990).

Carvalho, G. R., Monteiro R.L., Laurindo, J.B., Augusto P. E. D., ‘Microwave And Microwave-Vacuum Drying As Alternatives To Convective Drying In Barley Malt Processing’, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 73, (2021).

Carvalho, G. R., Monteiro, R.L., Laurindo, J. B., Auguato, P.E.D., Microwave and microwave-vacuum drying as alternatives to convective drying in barley malt processing, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, (2021).

Cemeroğlu, B.S., Gıda Analizleri, Ankara: Bizim Grup Basımevi, (2013b).

Cemeroğlu, B.S., Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara: Bizim Grup Basımevi, (2013a).

Crozier, A., Jaganath, I. B., & Clifford, M. N. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural product reports*, 26(8), 1001-1043 (2009).

Cho, J. and Pride, S. J., “Embedding semigroups into groups, and asphericity of semigroups”, *Int. J. Algebra and Com.*,3, 1-13, (1993).

Chsiwell, I. M., Collins, D.J. and Huebschmann, J., “Aspherical group presentations”, *Mathematische Zeitschrift*, 178 (1), 1-36, (1981).

Dadalı, G., Bamy ve ısıpanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 215s, İstanbul, (2007).

Dai, J. and Mumper, R. J., “Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties”, *Molecules*, 15(10), 7313-7352, (2010).

Demir, V., Gunhan, T., Yagcioglu, A.K., Degirmencioglu, A., Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. *Biosystems Engineering*, 88: 325-335 (2004).

Demir, V., Gunhan, T., Yagcioglu, A.K., Degirmencioglu, A., Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. *Biosystems Engineering*, 88: 325-335, (2004).

Demir, V., Günhan, T., Yağcıoğlu, A.K., ve Değirmencioğlu, A., Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of Air-dried bay leaves. *Biosystems Engineering*, 88 :325-335, (2004).

Demiray, E. Kurutma işleminde domatesin likopen, β -karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 101s, (2009).

Demiray, E., ‘Havuç ve kırmızıbiberin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması, kuruma karakteristiklerinin ve bazı kalite özelliklerindeki değişimin modellenmesi’. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 101s, (2015).

Demirhan, E., Akpınar, Z., Apar, D. K., & Özbek, B., Ascorbic acid degradation kinetic for microwave dried basil, purslane and celery leaves. *Latin American applied research*, 45(2), 113-118 (2015).

Doğu, S. Ö. & Sarıçoban, C., Et Kurutmada Mikrodalga Kullanımına İlişkin Yaklaşımlar ve Uygulamalar, *Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences*, (5), 24-25, (2015).

Doymaz, I., and Ismail, O., Drying characteristics of sweet cherry. *Food and Bioproducts Processing*, 89(1), 31-38(2011).

Doymaz, İ. ve Pala, M., “Hot-Air Drying Characteristics of Red Pepper”, *Journal of Food Engineering*, 55: 331-335, (2002).

Erentürk, S., Kuşburnu Meyvesinin Kurutulmasında Bazı Parametrelerin Kurumaya Ve C Vitamini Miktarına Etkisi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Erzurum, (2002).

Ergun, F., Deliorman, D., ‘*Viscum album* L. (ökse Otu) bitkisinin kimyasal bileşimi’. *Ankara Ecz. Fak. Der.*, 24, 2, (1995).

Ergun, F., Deliorman, D., Şener, B., *Viscum album* L. (Ökse otu) (Loranthaceae) Bitkisinin Morfolojik Özellikleri ve Türkiye'deki Yayılışı Hakkında Bazı Araştırmalar, *Ot Sistemik Botanik Dergisi*, 1 (2), 47-62 (1994).

Erkan M.E., Modifiye atmosfer paketlemenin farklı formlardaki kaşar peynirlerinin duyuşal, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (2004).

Fellows, P., J., *Food Processing Technology*. 2nd ed.; Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC: North America, p 336 (2000).

Gouldan, I. P. and Jackson, D.M., *Combinatorial enumeration*, Singapore : John Willey and Sons, 41-55, (1983).

Guiné, R., Gonçaves, I., Correia, P., and Florença, S., Valorization of Shiitake mushroom by-products through confection of pies and rissoles. In *International Conference on Mediterranean Diet and Gastronomy*, pp. 75-75, (2018).

Horadam, K. J., “The cohomology ring of a combinatorial aspherical group”, *J.Austral. Math. Soc.*, 47, 453-457, (1990).

Huang, D., Ou, B. and Prior, R. L., The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J. Agric. Food Chem.*, 53(6),1841-1856, (2005).

İnanoğlu, S., 'Mikroalga-Vakum Kurutma Yönteminin Adaçayının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin, (2017).

Jałoszyński, K., Figiel, A., Wojdyło, A., Drying kinetics and antioxidant activity of oregano, *Acta Agrophysica*, 11(1): 81-90 (2008)..

Kahkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S. and Heinonen, M., Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 3954-3962, (1999).

Kamar, V., 'İçp-oes ile Ökse Otunda Ağır Metal Tayini', Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara, (2016).

Kanat, A., İ.T.Ü. KOSGEB'de Geliştirilmekte Olan Mikroalga Fırında Elma Meyvesinin Kurutulmasına Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2001).

Karaaslan, M., Yıldırım, A., ve Vardin, H., 'Farklı kurutma teknikleri ve ön işlem uygulamaları ile kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasitelerinin artırılması', *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3), 192-203, (2016).

Karaaslan, M., Yılmaz, F. M., Cesur, Ö., Vardın, H., İkinci, A., and Dalgiç, A. C., Drying kinetics and thermal degradation of phenolic compounds and anthocyanins in pomegranate arils dried under vacuum conditions. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 595-605, (2014).

Katar, N., Aydın, D., Katar, D., 'Farklı Kurutma Sıcaklıklarının Tıbbi Adaçayının (*Salvia officinalis*) Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi', *Biological Diversity and Conservation – 12 / 1* (2019).

Keskin, M., Setlek, P. ve Demir, S., Renk Ölçüm Sistemlerinin Gıda Bilimleri ve Tarımda Kullanım Alanları. *International Advanced Researches & Engineering Congress*, 16-18 Kasım, Osmaniye, 2350– 2359, (2017).

Keskin, M., Setlek, P., and Demir, S., Use of color measurement systems in food science and agriculture. In *International Advanced Researches and Engineering Congress*, 16-18, (2017).

Kocabıyık, H. ve B. S. Demirtürk., Nane Yapraklarının İnfrared Radyasyonla Kurutulması. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 5(3), s.246, (2008).

Korus, A., Effect of preliminary processing, method of drying and storage temperature on the level of antioxidants in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) leaves, *LWT - Food Science and Technology*, Pages 1711-1716, (2011).

- Köse, B., ‘Konvektif ve UV Konvektif Kurutucularda Ökse otu (*Viscum album* L.) Bitkisinin Kuruma Davranışı’, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Erzurum, (2008).
- Köse, B., ‘Konvektif ve UV Konvektif Kurutucularda Ökse otu (*Viscum album* L.) Bitkisinin Kuruma Davranışı’, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Erzurum, (2008).
- Köse, B., Erentürk, S., ‘Drying characteristics of mistletoe (*Viscum album* L.) in convective and UV combined convective type dryers’, *Industrial Crops and Products* 32, 394–399, (2010).
- Kris-Etherton, P., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E. and Etherton, T. D., Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, 9B 113,71-88, (2002).
- Krokida, M., and Maroulis, Z., Quality changes during drying of food materials. *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, 4(2), 61-68, (2000).
- Klungboonkrong, V., Lamsal, B. P., & Phoungchandang, S. Changes and degradation kinetics of some bioactive compounds in dried *Orthosiphon aristatus* (Java tea) leaves during elevated temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 933-940 (2019).
- Maskan, M., “Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying”, *Journal of Food Engineering*, 48:169-175, (2001).
- Maskan, M., Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48, 169-175, (2001).
- Nacz, M. and Shahidi, F., Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatography A*. 1054, 95-111, (2004).
- Ndukwu, M. C., Dirioha, C., Abam, F. I., and Ihediwa, V. E., Heat and mass transfer parameters in the drying of cocoyam slice. *Case Studies in Thermal Engineering*, 9, 62-71, (2017).
- Mitjavila, M. T., & Moreno, J. J. The effects of polyphenols on oxidative stress and the arachidonic acid cascade. Implications for the prevention/treatment of high prevalence diseases. *Biochemical pharmacology*, 84(9), 1113-1122 (2012).
- Negi, P. S., & Roy, S. K. Effect of drying conditions on quality of green leaves during long term storage. *Food research international*, 34(4), 283-287 (2001).

O.O. Oladele and A.T. Aborisade, Influence of Different Drying Methods and Storage on the Quality of Indian Spinach (*Basella rubra* L.). *American Journal of Food Technology*, 4: 66-70, (2009).

Önay, E., ‘Farklı Konakçı Ağaçlar Üzerinde Yaşayan Ökse Otu (*Viscum album*) Bitkisinde Biyokimyasal Analizler’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, (2002).

Özer, A., Bazı tıbbi bitkilerin sıcak havalı kurutucuda kurutulması ve kurutma sıcaklıklarının ürün kalitesi üzerine etkileri. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 45s, Tekirdağ, (2010).

Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J., Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1): 36-60, (2013).

Phahom, T., & Roudaut, G. Moisture sorption characteristics and quality changes during storage of the dried petals of red water lily (*Nymphaea× rubra*). *Journal of Food Processing and Preservation*, e16826 (2022).

Peleg, M., Normand, M. D., Dixon, W. R., & Goulette, T. R. Modeling the degradation kinetics of ascorbic acid. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(9), 1478-1494 (2018).

Pekmez, H., Coşkun Dalgıç A., ‘Nanenin Su Soğurma İzotermelerinin Modellenmesi’, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006 Bolu, (2006).

Polatçı, H. ve Taşova, M., ‘Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma yönteminin alıç (*Crataegus spp.* L.) meyvesinin kuruma karakteristikleri ve renk değerleri üzerine etkisi’, *Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(10): 1130-1135, (2017).

Polatçı, H., Taşova, M. Mikrodalga Yöntemi ile Kurutulan Dereotu Yapraklarının (*Anethum Graveolens* L.) Kurutma Kinetiği ve Renk Değerlerinin Belirlenmesi, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (2017).

Polatçı, H., Taşova, M., Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutma Yönteminin Alıç (*Crataegus spp.* L.) Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri ve Renk Değerleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(10): 1130-1135, (2017).

Polatçı, H. ve Taşova, M., ‘Mikrodalga yöntemi ile kurutulan dereotu yapraklarının (*Anethum graveolens* L.) kurutma kinetiği ve renk değerlerinin belirlenmesi’, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (Gbad)*, 6, 42-51, (2017).

Polatçı, H., Tarhan, S., Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum Basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine ve Kalitesine Etkisi, *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 61-70, (2009).

- Porat, R., Weiss, B., Cohen, L., Daus, A., Aharoni, N., Reduction of postharvest rind disorders in citrus fruit by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*,33(1), 35–43, (2004).
- Prakash, S., Jha, S.K., and Data, N., Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. *Journal of Food Engineering*, 62, 305-313,(2004).
- Rangaraj, V. M., Rambabu, K., Banat, F., & Mittal, V. Natural antioxidants-based edible active food packaging: An overview of current advancements. *Food Bioscience*, 43, 101251 (2021).
- Saldamlı, İ. ve Saldamlı, E., Gıda Endüstrisi Makinaları, Önder Matbaa, Ankara, (1990).
- Saldamlı, İ., ve Saldamlı, E., Gıda Endüstrisi Makineleri. Savaş Yayınevi, 547s., Ankara, (2004).
- Santos, P.H.S., Silva, M.A., Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A review. *Drying Technology*, 26(12), 1421-1437, (2008).
- Skrypnik, L., Maslennikov, P., Feduraev, P., Pungin, A., & Belov, N., Changes in Antioxidative Compounds and Enzymes in Small-Leaved Linden (*Tilia cordata* Mill.) in Response to Mistletoe (*Viscum album* L.) Infestation. *Plants*, 10(9), 1871, (2021).
- Soğanların Rehidrasyon Kapasitelerinin Artırılması, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20(3): 192-203, (2016).
- Soysal, Y., “Microwave drying characteristics of parsley”, *Biosystems Engineering*, 89:(2), 167-173(2004).
- Sönmez T, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi ISSN:2146- 1880, e-ISSN: 2146-698X Cilt: 15, Sayı:1, Sayfa: 64-72, (2014).
- Summanen, J., Vuorela, P., Rauha, J. P., Tammela, P., Marjamaki, K., Pasternack, M., Törnquist, K. and Vuorela, H., Effects of simple aromatic compounds and flavonoids on Ca²⁺ fluxes in rat pituitary GH4C1 cells. *Eur. J. Pharmacol.*, 414, 125-133., (2001).
- Sobhani, M., Farzaei, M. H., Kiani, S., & Khodarahmi, R. Immunomodulatory; anti-inflammatory/antioxidant effects of polyphenols: a comparative review on the parental compounds and their metabolites. *Food Reviews International*, 37(8), 759-811 (2021).
- Sürmen, B., Kutbay, H.G., Yılmaz, H.,’Parazit Çiçekli Bitkilerin Gelişimi ve Hayat Tipleri’, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Dergisi, 4 (2): 9-16, (2014).
- Temür, N., ‘Çam, Kavak, Söğüt ve Armut Ağaçları Üzerinde Yetişen Ökse Otu Bitkilerinin Antioksidan Aktivitelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, (2006).

Teymur, N., Maydanoz ve Dereotunun Kurutulması ve Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1999).

Toğrul, İ. T., and Pehlivan, D., Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering*, 55(3), 209-216, (2002).

Tosun, İ. ve Karadeniz, B., Çay ve Çay Fenoliklerinin Antioksidan Aktivitesi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 78–83, (2005).

Tosun, İ., Karadeniz, B., Çay Ve Çay Fenoliklerinin Antioksidan Aktivitesi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20(1):78-83, (2005).

Treben, M., *Gesundheit aus der Apotheke Gottes*. ISBN : 3-85068-090-8, Ennsthaller Verlag, A-4402, Stegr, (1997).

Turan, Ş., ‘Aydın İli Karacasu İlçesi Ve Denizli İlinde Ökse Otu (*Viscum Album L.*)’Nun Yaygınlık Ve Yoğunluğunun Belirlenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Aydın, (2016).

Üstüner, T., Düzenli, S., Kitiş, Y. E., Niğde Bölgesinde Ökse Otunun (*Viscum album*) Konukçularında Oluşturduğu Enfeksiyon Şiddetinin Belirlenmesi, *Turkish Journal Of Weed Science*, 18(1): 6-14, (2015).

Vega-Mercado H., Góngora-Nieto M.M. ve Bárboza-Canovas G.V., “Advances in Dehydration of Foods”, *Journal of Food Engineering*, 49:271-289, (2001).

Von Ledebur, S. C., “Optimizing knowledge transfer by new employees in companies”, *Knowledge Management Research & Practice*, Advance online Publication, doi: 1 0.1 057/palgrave.kmrp.8500141, (2007).

Wolchik, S. A., West, S. G., Sandler, I. N., Tein, J., Coatsworth, D., Lengua, L., et al., “An experimental evaluation of theory-based mother and mother-child programs for children of divorce”, *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 843-856, (2000).

Wrolstad, R. E., Durst, R. W. ve Lee, J., Tracking Color and Pigment Changes in Anthocyanin Products. *Trends in Food Science and Technology*, 16(9), 423–428, (2005).

Yılmaz, F. I., *Academic Studies*. *Academic Studies In Agriculture Sciences*, 2, 1-139, (2019).

Yüksel, B., Akbulut, S., Keten, A., ‘Çam Ökse otu (*Viscum Album Ssp. Austriacum* (Wiesb.) Vollman)'nun Zararı, Biyolojisi Ve Mücadelesi’, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Sayfa: 111-12*, (2005).

EKLER

9. EKLER

EK A

Tablo A 1: 50°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulmasına ait deneysel veriler

Kuruma Zamanı (dk.)	Numune (g)	Nem İçeriği (kg su / kg kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	25.38	1.545	1.000
30	24.35	1.441	0.820
60	23.68	1.374	0.780
90	22.90	1.295	0.736
120	22.23	1.228	0.697
150	21.64	1.169	0.663
180	20.97	1.102	0.624
210	20.35	1.039	0.587
240	19.78	0.982	0.555
270	19.17	0.921	0.520
300	18.61	0.865	0.488
330	18.02	0.807	0.455
360	17.36	0.740	0.418
390	16.84	0.688	0.387
420	16.27	0.631	0.355
450	15.74	0.578	0.325
480	15.30	0.533	0.300
510	14.47	0.486	0.272
540	13.62	0.440	0.246
570	12.95	0.377	0.209
600	12.35	0.314	0.173
630	12.47	0.249	0.136
660	11.86	0.189	0.102
690	11.22	0.143	0.076
720	10.86	0.105	0.056

Tablo A 2: 60°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulmasına ait deneysel veriler

Kuruma Zamanı (dk.)	Numune (g)	Nem İçeriği (kg su / kg kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	25.45	1.545	1.000
30	23.74	1.375	0.890
60	22.48	1.249	0.809
90	21.20	1.120	0.725
120	19.87	0.988	0.639
150	18.65	0.866	0.560
180	17.53	0.754	0.488
210	16.40	0.640	0.414
240	15.36	0.536	0.347
270	14.41	0.442	0.286
300	13.52	0.352	0.228
330	12.65	0.265	0.172
360	11.66	0.186	0.120
390	11.12	0.125	0.081

Tablo A 3: 60°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulmasına ait deneysel veriler

Kuruma Zamanı (dk.)	Numune (g)	Nem İçeriği (kg su / kg kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	25.55	1.545	1.000
30	23.96	1.387	0.898
60	21.77	1.168	0.756
90	19.41	0.933	0.604
120	17.21	0.713	0.462
150	15.09	0.502	0.325
180	13.32	0.326	0.211
210	11.82	0.177	0.114
240	10.84	0.080	0.052

Tablo A 4: 50° C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulması sırasında su aktivitesi değerlerinin değişimine ait deneysel veriler

Kuruma Zamanı (dk.)	Su Aktivitesi (a_w)	Nem İçeriği (kg su / kg kuru madde)
0	0.872	1.545

1	0.739	1.374
2	0.775	1.228
3	0.726	1.102
4	0.698	0.982
5	0.664	0.865
6,5	0.633	0.688
12	0.491	0.105

Tablo A 5: 60°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulması sırasında su aktivitesi değerlerinin değişimine ait deneysel veriler

Kuruma Zamanı (dk.)	Su Aktivitesi (a_w)	Nem İçeriği (kg su / kg kuru madde)
0	0.840	1.545
1	0.841	1.249
2	0.723	0.988
3	0.672	0.754
4	0.632	0.536
5	0.527	0.352
6.5	0.413	0.125

Tablo A 6: 70°C sıcaklıkta, ökse otu yapraklarının etüv de kurutulması sırasında su aktivitesi değerlerinin değişimine ait deneysel veriler

Kuruma Zamanı (dk.)	Su Aktivitesi (a_w)	Nem İçeriği (kg su / kg kuru madde)
0	0.841	1.545
1	0.830	1.168
2	0.704	0.713
3	0.479	0.326
4	0.405	0.080