T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ KULLANARAK Laurus nobilis L.'nin KURUTULMASI, KURUTMA KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ ve ANTİOKSİDAN KAPASİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

TAREQ ALHAMAD

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Metin HASDEMİR

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Temel İşlemler ve Termodinamik Programı

Kasım, 2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Tareq ALHAMAD tarafından, **Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Metin HASDEMİR** danışmanlığında hazırlanan **"FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ KULLANARAK Laurus nobilis L.'nin KURUTULMASI, KURUTMA KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ ve ANTİOKSİDAN KAPASİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ"** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından **16/11/2022** tarihinde yapılan sınav sonucunda **oy birliği** ile başarılı bulunarak **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

		İmza	**Sonuç**
DANIŞMAN	Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Metin HASDEMİR İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Kimya Mühendesliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Doç. Dr. Dilek ÖZMEN İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Kimya Mühendesliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Doç. Dr. Yavuz Selim AŞÇI İstanbul Üniversitesi Kimya Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret

BÜTÇE DESTEKLERİ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ KULLANARAK Laurus nobilis L.'nin KURUTULMASI, KURUTMA KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ ve ANTİOKSİDAN KAPASİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışma süresince tez konusunu öneren ve çalışmanın gerçekleştirilmesi için beni cesaretlendiren, destek, katkılarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile her zaman yardım eden saygıdeğer danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Metin HASDEMİR'e, çalışmamın farklı kısımlarında verdiği destek için sayın Doç. Dr. Belma HASDEMİR'e, deneylerimi esnasında, bilgi ve yardımlarıyla destek olan, tüm süreç boyunca beni sürekli motive eden Araş. Gör. Emre YILMAZOĞLU'ya sonsuz teşekürlerimi sunarım.

Hayatımın her alanında olduğu gibi, tez çalışmamı hazırlarken de her aşmada yardımcı olan sevgili eşim Ayşe ALKHALAF' a sonsuz teşekkürü borç bilirim.

En içten duygularımla sonsuz sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Kasım 2022 **TAREQ ALHAMAD**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

BÜTÇE DESTEKLERİ ..... **ii**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
ABSTRACT ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1.DEFNE (*LAURUS NOBİLİS* L.) BİTKİSİ 3
2.1.1. Dünya'da Defne (*Laurus Nobilis* L.) 4
2.1.2. Türkiye'de Yetiştirilen Defne (*Laurus nobilis* L.) Türleri ve Önemi 5
2.2.DEFNE BİTKİSİNİN BÜYÜME VE HASAT KOŞULLARI 8
2.3. DEFNE BİTKİSİNİN KİMYASAL BİLEŞİMİ 9
2.3.1. Defne Yaprağı ve Meyvesi 9
2.3.2. Kök ve Çiçek 12
2.4. DEFNE BİTKİSİNİN UÇUCU YAĞ BİLEŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER 14
2.5. DEFNE BİTKİSİNİN UÇUCU YAĞININ BİYOLOJİK AKTİVİTESİ 15
2.5.1. Antioksidan Aktivite 15
2.5.2. Antimikrobiyal Etkinlik 16
2.5.3. Diğer Biyolojik Aktiviteler 17
2.6. EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ 17
2.6.1. Geleneksel Ekstraksiyon Yöntemler 18
2.6.1.1. Soxhlet Yöntemi 18
2.6.1.2. Maserasyon Yöntemi 20
2.6.1.3. Clevenger Yöntemi 20

2.6.2. Geleneksel Olmayan Ekstraksiyon Teknikleri.....21
2.7. BİTKİNİN KURUTULMASI.....22
2.7.1. Kurutma Yöntemleri.....22
2.7.1.1. Güneşte kurutma.....24
2.7.1.2. Gölgede kurutma.....24
2.7.1.3. Mikrodalgada kurutma.....25
2.7.1.4. Dondurarak kurutma.....26
2.7.1.5. Vakumda kurutma.....26
2.7.1.6. Mikrodalga-vakum kurutma.....26
2.8. KURUTMA KİNETİĞİ VE İNCE TABAKA KURUTMA MODELİ.....27
2.8.1. İnce Tabaka Kurutma Modeli.....27

3. YÖNTEM 30
3.1. KULLANILAN ALET VE CİHAZLAR.....30
3.2. KULLANILAN KİMYASAL MADDELER 30
3.3. BİTKİ MATERYALLERİNİN HAZIRLANMASI.....31
3.4. SOXHLET EKSTRAKSİYONU.....31
3.5. KURUTMA YÖNTEMLERİ.....32
3.5.1. Etüvde Kurutma.....34
3.5.2. Mikrodalgada Kurutma.....34
3.5.3. Güneşte Kurutma.....35
3.5.4. Gölgede Kurutma.....35
3.5.5. Vakumda Kurutma.....36
3.6. ANTİOKSİDAN AKTİVİTE TAYİN YÖNTEMLERİ..... 36
3.6.1. DPPH Yöntemi.....36
3.6.2. CUPRAC Yöntemi.....38
3.6.3. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini.....38

4. BULGULAR 40
4.1. DEFNE YAPRAKLARI BAŞLANGIÇ NEM İÇERİĞİNİN TAYİNİ 40
4.2. KURUTMA VERİLERİ 42
4.2.1. Mikrodalgada Kurutma Verileri 42
4.2.2. Güneş Altında ve Gölgede Kurutma Verileri 44
4.2.3. Vakumda Kurutma Verileri 47
4.3. KURUTMA KİNETİĞİ SONUÇLARI 49
4.4. ANTİOKSİDAN KAPASİTESİ 59
4.4.1. DPPH Radikali Süpürme Kapasitesi 59
4.4.2. CUPRAC Antioksidan Kapasitesi 60
4.5. TOPLAM FENOLİK İÇERİĞİ 61

5. TARTIŞMA 62
5.1. MİKRODALGA KURUTMA 62
5.2. GÜNEŞTE VE GÖLGEDE KURUTMA 63
5.3. VAKUMDA KURUTMA 64
5.4. DPPH RADİKAL SÜPÜRME KAPASİTESİ 64
5.5. CUPRAC ANTİOKSİDAN KAPASİTESİ 65
5.6. TOPLAM FENOLİK MADDE İÇERİĞİ 65
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 67
KAYNAKLAR 68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Defne bitkisinin (*L. nobilis* L.) dünyadaki dağılımı..... **3**

Şekil 2.2: Defne Bitkisi..... **5**

Şekil 2.3: Defne bitkisinin Türkiye'deki dağılımı..... **5**

Şekil 2.4: Defne yaprağı ihracat miktarı **7**

Şekil 2.5: Defne yaprağı ihracat geliri..... **7**

Şekil 2.6: Defne yaprağı ve meyvesi..... **10**

Şekil 2.7: Defne kök ve çiçek..... **12**

Şekil 2.8: Soxhlet cihazı..... **19**

Şekil 2.9: Clevenger cihazı..... **21**

Şekil 2.10: Kurutma yöntemlerinin sınıflandırılması..... **23**

Şekil 3.1: Defne yaprakları..... **31**

Şekil 3.2: Soxhlet deney düzeneği ve ekstraktlar..... **32**

Şekil 3.4: Denemelerde kullanılan etüv..... **34**

Şekil 3.5: Mikrodalga cihazı..... **35**

Şekil 3.6: Vakum cihazı..... **36**

Şekil 3.7: Spektrofotometre..... **37**

Şekil 3.8: Toplam fenolik madde içeriği için çizilen gallik asit eğrisi..... **39**

Şekil 4.1: Kurutmadan önce defne yaprakları..... **40**

Şekil 4.2: Deneylerde kurutulmuş yapraklar..... **41**

Şekil 4.3: Mikrodalgada kurutulan defne yapraklarının örneklerinin nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi)..... **43**

Şekil 4.4: Kasım ayında güneşte ve gölgede kurutulan defne yapraklarının nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi)..... **45**

Şekil 4.5: Haziran ayında güneşte ve gölgede kurutulan defne yapraklarının nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi)..... **46**

Şekil 4.6: Vakumda kurutulan defne yapraklarının nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi)..... **48**

Şekil 4.7: Farklı mikrodalga çıkış gücündeki (a= 120, b= 400, c= 500 ve d= 700 W) elde edilen deneysel nem oranı verileri ile modellerin kıyaslanması **53**

Şekil 4.8: Kasım (a) ve haziran (b) aylarında güneşte yapılan deneysel nem oranı verileri ile model verilerinin kıyaslanması..... **55**

Şekil 4.9: Kasım (a) ve haziran (b) aylarında gölgede yapılan deneysel nem oranı verileri ile model verilerinin kıyaslanması..... **56**

Şekil 4.10: Vakumda (a= 40, b= 55, c= 70 ve d= 80 °C) kurutulan defne yaprak örneklerindeki nem oranı verileri ile model verilerinin kıyaslanması..... **57**

Şekil 4.11: Defne yapraklarının ve standart antioksidanların DPPH radikal süpürme kapasiteleri..... **59**

Şekil 4.12: Defne yapraklarının CUPRAC yöntemiyle ölçülen antioksidan kapasiteleri..... **60**

Şekil 4.13: Defne yapraklarının gallik asit eşdeğeri toplam fenolik madde içeriği..... **61**

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Defne bitkisinin halk arasında kullanılan bazı yöresel isimleri..... **6**

Tablo 2.2: Defne yaprağı ihracatı..... **6**

Tablo 2.3: 2015 yılı verilerine göre Türkiye'den defnenin en çok ihraç edildiği ülkeler **8**

Tablo 2.4: Defne bitkisinde bulunan başlıca bileşenler..... **11**

Tablo 2.5: Defne bitkisindeki başlıca uçucu bileşenler miktarları..... **13**

Tablo 2.6: Kurutma eğrisi için kullanılan matematiksel modeller..... **28**

Tablo 3.1: Kullanılan cihazlar..... **30**

Tablo 3.2: Soxhlet ekstraksiyonunda kullanılan farklı çözücü karışımları..... **31**

Tablo 4.1: Mikrodalgada kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri. **42**

Tablo 4.2: Kasım ayında güneş ve gölgede kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri..... **44**

Tablo 4.3: Haziran ayında güneş ve gölgede kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri..... **45**

Tablo 4.4: Vakumda kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri..... **47**

Tablo 4.5: Kullanılan modellere ait istatistiksel analiz sonuçları..... **49**

Tablo 4.6: Kullanılan modellere ait sabitler..... **51**

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
℃	: Santigrat derece
cm	:Santimetre
g	: Gram
µg	: Mikrogram
L	: Litre
ml	: Mililitre
mg	: Miligram
µl	:Mikrolitre
nm	: Nanometre
dk	: Dakika
nm	: Nanometre
M	: Molarite
%	: Yüzde
t	: Zaman
W	: Watt
T	: Sıcaklık
w	: Ağırlık
%	: Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
ABTS	: 2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
BHA	: Bütil hidroksi ansiol
BHT	: Bütil hidroksi toluen
CUPRAC	: Bakır(II) iyonu indirgeme esaslı antioksidan kapasite
DPPH	: 2,2-difenil-2-pikrilhidrazil
EO	: Uçucu yağ (essential oil)
FRAP	: Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HD	: Hidrodistilasyon
MIC	: Minimum inhibitör konsantrasyon
R^2	: Determinasyon katsayısı
RMSE	: Kök Ortalama Kare Hatası
BD	: Buhar damıtma (buhar distilasyon)
SSE	: Hata kareler toplamı
TEAC	: Troloks Eşiti Antioksidan Kapasite

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ KULLANARAK *LAURUS NOBİLİS* L.'NİN KURUTULMASI, KURUTMA KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ VE ANTİOKSİDAN KAPASİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

TAREQ ALHAMAD

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Temel İşlemler ve Termodinamik Programı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Metin HASDEMİR

Tıbbi ve aromatik bitkiler, insanlığın varoluşundan beri gerek temel besin kaynağı gerekse insan sağlığının korunması ve iyileştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bitkilerin tohum, yaprak ve çiçekleri özellikle gıda, ilaç ve parfüm endüstrisi için büyük bir öneme sahiptir.

Tıbbi ve aromatik bitkiler, yüksek nem içerikleri nedeniyle oldukça çabuk bozulurlar. Bu nedenle, içerdikleri etken maddeleri korumak ve rafa dayanıklı ürünler oluşturmak amacıyla hasattan hemen sonra en kısa sürede kurutulmaları gerekir. Kurutma işlemi sonunda,bitkinin tüm özelliklerinin en iyi şekilde yansıtıldığı, en uygun nem miktarını belirlemek için bitkinin kuruma davranışını da analiz etmek gerekir. Bu analizi yapabilmek kurutma kinetiğini incelemekle mümkündür. Kurutma işlemlerinde kullanılan matematiksel modeller bitkiler için en uygun kurutma koşullarının belirlenmesine katkıda bulunduğu gibi yeni bir kurutma prosesi tasarımı ve geliştirilmesinde de yardımcı olmaktadır.

Türkiye, tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından dünyanın en zengin ülkelerinden biridir. Önemli tıbbi ve aromatik bitkilerinden birisi olan *Laurus nobilis* L. (Defne) ülkemizde ekonomik değeri ve popülerliği yüksek olan bitkilerdendir.

Bu tez çalışmasında, dört farklı kurutma tekniği (güneşte, gölgede, mikrodalga ve vakum) kullanılarak defne yaprağı (*Laurus nobilis* L.) kurutulmuş, kurutma kinetiği ve kurutma kinetiğinin çeşitli matematiksel modeller ile uyumluluğu incelenmiştir. Ayrıca, kurutma tekniğinin antioksidan kapasite üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla DPPH radikal süpürücü kapasite yöntemi, CUPRAC yöntemi ve Folin-Ciocalteu ayıracı (FCR) ile toplam fenolik bileşik tayin yöntemleri kullanılmıştır. En yüksek toplam fenol içeriği %25 su %75 etanol karışımı ile yapılan soxhlet ekstraksiyonunda elde edilmiştir. En iyi kurutma yöntemi olarak vakumda kurutma tespit edilmiştir.

Kasım 2022 , 75 sayfa.

Anahtar kelimeler: Ekstraksiyon, Kurutma, Defne, Kurutma kinetiği

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

DRYING of *Lauru snobilis* L. USING DIFFERENT DRYING METHODS, EXAMINATION of DRYING KINETICS AND EVALUATION of ANTIOXIDANT CAPACITY

TAREQ ALHAMAD

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of GraduateStudies

Department of Chemical Engineering

Unit Operations and Thermodynamics Program

Supervisor: Assist. Prof. Dr. İbrahim Metin HASDEMİR

Medicinal and aromatic plants have been widely used since the existence of humanity, both as a primary food source and for the protection and improvement of human health. These plants' seeds, leaves, and flowers are of great importance, especially for the food, pharmaceutical, and perfume industries.

Medicinal and aromatic plants deteriorate pretty quickly due to their high moisture content. For this reason, they should be dried as soon as possible after harvest to preserve the active ingredients and create shelf-stable products. At the end of the drying process, it is necessary to analyze the drying behavior of the plant to determine the most appropriate moisture content, in which all plant characteristics are best reflected. It is possible to make this analysis by examining the drying kinetics. The mathematical models used in drying processes contribute to determining the most suitable drying conditions for plants and help the design and develop a new drying process.

Turkey is one of the wealthiest countries in the world in terms of medicinal and aromatic plants. Laurus Nobilis L. (Water laurel), one of the important medicinal and aromatic plants, is one of the plants with high economic value and popularity in our country.

In this thesis, laurel leaves (Laurusnobilis L.) were dried using four different drying techniques (sun, shade, microwave, and vacuum), and drying kinetics and compatibility of drying kinetics with various mathematical models were investigated. In addition, DPPH radical scavenging capacity, CUPRAC, Folin-Ciocalteu reagent (FCR), and total phenolic compound determination methods were used to investigate the effect of the drying technique on antioxidant capacity. The highest total phenol content was obtained in soxhlet extraction with 25% water and 75% ethanol. Vacuum drying was determined as the best drying method. November2022, 75 pages.

Keywords: Extraction, Drying, *Laurus nobilis* L., Drying kinetics ,

1. GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, insan sağlığının korunmasını sağlayan, hastalıkları önleyen, içerisinde bulunan etken maddelerden dolayı birçok hastalığın tedavisinde yaygın olarak kullanılan bitkilerdir. Son yıllarda, beslenme, sağlık ve kozmetik sektöründe doğal kaynaklara olan eğilimin gün geçtikçe artması tıbbi ve aromatik bitkilerin önemini daha da artırmaktadır. Bu bitkilerin ekonomik olarak getirisinin olması için bitkilerin zarar verilmeden toplanması, uygun şartlarda kurutulması ve saklanması gerekir. Kurutma, tıbbi ve aromatik bitkilerin hasat sonrası, besleyici ve tıbbi niteliklerinin basit ve hızlı bir şekilde korunmasını sağlaması nedeniyle yaygın olarak kullanılan pratik bir yöntemdir (Muller., 2007).

Bitkilerdeki aktif maddeleri korumak için düşük kurutma sıcaklıkları tercih edilir. Tüm gelişmiş ülkelerde, endüstriyel kurutma proseslerinin enerji tüketimi, toplam enerji kullanımının %10-15'ini oluşturmaktadır (Mujumdar., 1997; Erbay vd., 2010).

Bu nedenle, bu tür ürünlerin kalitesinden ve yıl boyunca kullanılabilirliğinden ödün vermeden minimum enerji kullanımını sağlamak için kurutma süreçlerinin optimize edilmesi gereklidir. Kurutma işlemi sonunda,bitkinin tüm özelliklerinin en iyi şekilde yansıtıldığı, en uygun nem miktarını belirlemek için bitkinin kuruma davranışını da analiz etmek gerekir. Bu analizi yapabilmek kurutma kinetiğini incelemekle mümkündür.

Kurutma işlemlerinde kullanılan matematiksel modeller bitkiler için en uygun kurutma koşullarının belirlenmesine katkıda bulunduğu gibi yeni bir kurutma prosesi tasarımı ve geliştirilmesinde de yardımcı olmaktadır. Literatür araştırmasına göre, ilaç, kozmetik, parfümeri ve gıda endüstrileri için oldukça önemli bir kaynak olan tıbbi ve aromatik bitkilerin kurutulmasında farklı kurutma yöntemlerinin incelendiği ve bu yöntemlerin bitkilerin farmakolojik özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çok sayıda çalışma bulunmakta olup, araştırmalar halen artarak devam etmektedir (Chua vd., 2019; Sarkar vd., 2020; Mohamad vd., 2020; Alibas vd., 2021).

Türkiye, tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından dünyanın en zengin ülkelerinden biridir, önemli tıbbi ve aromatik bitkilerinden birisi olan *Laurus nobilis* L. (Defne) Türkiyede ekonomik değeri ve popülerliği yüksek olan bitkilerden birisidir.

Laurus nobilis L., antik Yunan ve Roma döneminden beri Akdeniz ülkeleri ve Küçük Batı Asya'da (Anadolu) geleneksel şifalı bitki olarak yaygın olarak yetiştirilen *Lauraceae*

familyasının önemli bir aromatik üyesidir. Defne yapraklarının antibakteriyel, terletici, ağrıkesici, antiseptik ve mide rahatsızlıklarını giderici, diyabeti tedavi edici, migreni önleyici, halsizlik, hazımsızlık, romatizma ve uykusuzluk hastalıklarına iyi geldiği değişik araştırmalarla ortaya konmuştur (Baytop., 1984; Özhatay vd., 1997; Duke., 1997). Ancak, farklı yöntemlerle üretilip piyasaya sunulan bitkinin içerikleri birbirlerinden farklı olabilmekte bu da sağlık açısından risk yaratabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı bitkinin uygun kurutma yöntemleri ile kurutulması böylece farmakolojik özelliklerinin korunması son derece önemlidir. Türkiye'de defne genellikle güneşte kurutulur. Dış ortamda yapılan bu tür kurutma işlemi sırasında yapraklar genellikle kuş, böcek, toz vb, ile kirlenir ve kalitelerini kaybederler. Bu nedenle özel kurutucular kullanarak etkin kurutmanın gerçekleştirilmesi son derece önemlidir.

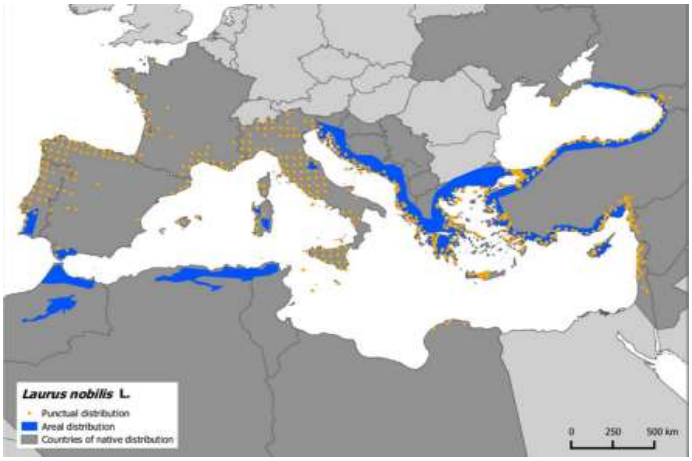
Bu gözlemler neticesinde bu tez çalışmasında, literatürde çeşitli bitkilere uygulanan farklı kurutma teknikleri kullanılarak defne bitkisinin kurutulması, çeşitli matematiksel modeller ile kurutma kinetiğinin incelenmesi ve kurutma tekniğinin antioksidan kapasite üzerindeki etkisinin araştırılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. DEFNE (*LAURUS NOBİLİS* L. *)* BİTKİSİ

Defne (*Laurus Nobilis* L.) yaklaşık 2500-3500 tür içeren Lauraceae ailesine ait aromatik ve tıbbi bir bitkidir (Dobroslavić vd., 2022). Laurus cinsi *Laurus azorica* ve *Laurus nobilis* olmak üzere iki türden oluşmaktadır. Laurus, doğrudan ağacın Latince adından gelir ve muhtemelen adını daha eski bir Kelt kelimesinden, yeşil anlamına gelen blaur'dan alırken, nobilis asil ve ünlü anlamına gelen Latince bir kelimedir (DeBaggio vd., 2009). *Laurus nobilis* L. (Lauraceae), genellikle defne veya defne yaprağı olarak bilinmekte olup, Körfez defne yaprağı, Akdeniz defnesi, Kaliforniya defne yaprağı, Hint defne yaprağı, Endonezya defne yaprağı ve Meksika defne yaprağı gibi farklı türleri de bulunmaktadır. Bitki, bol yağış alan sıcak iklim bölgelerinde, özellikle Türkiye, İtalya, Yunanistan ve Portekiz gibi Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak yetişmektedir. Ayrıca tropikal ve subtropikal Asya, Avustralya, Pasifik ve Güney Asya'da da bulunmaktadır (Dias vd., 2014).

Laurus nobilis L. boyu 20 m'ye kadar çıkabilen, koyu yeşil yapraklı (4 ila 10 cm uzunluğunda), çeşitli kenarlara sahip ve yapraklarını dökmeyen bir ağaçtır. Defne yaprağının ticari üretim merkezleri Türkiye, İtalya, Belçika, Cezayir, Fransa, Tunus, İran, Fas, Sırbistan, Yunanistan, Portekiz, Orta Amerika ve Güney Amerika'dır. Şekil 2.1' de defne bitkisinin dünyadaki dağılımı görünmektedir (Singletary., 2021).



Şekil 2.1: Defne bitkisinin (*L. nobilis* L.) dünyadaki dağılımı.

Defne, mutfak bitkisi olarak kullanımının yanı sıra, biyolojik olarak aktif birçok bileşik içerdiğinden dolayı yaprak ve meyveleri dünyanın birçok yerinde tıbbi madde olarak da kullanılmaktadır (Riabov vd., 2020).

L. nobilis'in yaprak ve meyveleri antik çağlardan beri romatizma, öksürük, kalp hastalıkları, viral enfeksiyonlar, ishal vb. hastalıklara karşı ve genel mide salgısını uyarıcı, gaz giderici, terletici ve antiseptik olarak halk hekimliğinde kullanılmaktadır (Alejo-Armijo vd., 2017). Kurutulmuş yapraklar ve uçucu yağlar gıda endüstrisinde et ürünleri, çorbalar ve balıkların baharatlanması, ayrıca antimikrobiyal ve böcek öldürücü etkisinden dolayı koruyucu olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Kilic vd., 2004). Bu uçucu yağlar ayrıca kozmetik endüstrisinde krem, parfüm ve sabunların yapımında yaygın olarak kullanmaktadır (Sellami, vd., 2011). Defne yaprağının uzun ömürlü olmasını sağlamak ve kimyasal bileşikleri korumak amacıyla defne yaprağını kurutma süreci büyük önem taşımaktadır (Öncel vd., 2021).

2.1.1. Dünya'da Defne (*Laurus nobilis* L.)

Defne'nin anavatanı Akdeniz bölgesi ve Akdeniz havzası'dır. Defne, Türkiye başta olmak üzere Cezayir, Belçika, Fransa, Yunanistan, Meksika, Fas, Portekiz, İspanya ve Kanarya Adaları gibi ülkelerde de yayılış göstermektedir. Bunun dışında yayılış alanları Arnavutluk, Romanya, Libya'nın doğu sahilleri, Suriye'nin batısı ve Kırım'dır (Karık vd., 2015).

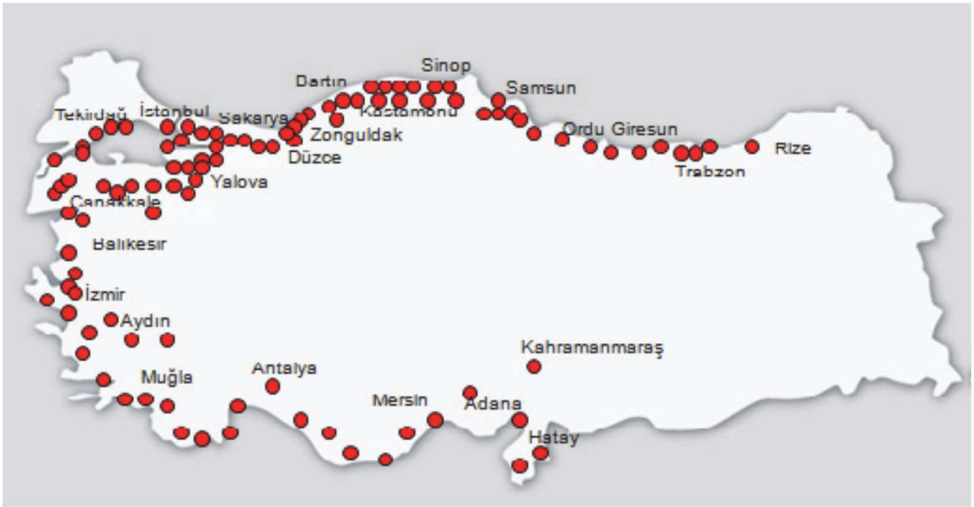
Akdeniz Defnesi değişik dillerde farklı isimler almaktadır: İngilizce (Sweet bay, Laurel, Roman Laurel); Fransızca (Laurierfranco, Laurierdespotes); Almanca (Edler, Lorbeer); İtalyanca (Laurofranco, Laureregio, Alloro, Lauroregale, Lauropoetica); Yunan'ca (Dafni); Hint'çe Teejpatta; Arapça (waraq, ghaar) ; Türkçe (Defne, Tefne, Teynal, Tenel) (Batool vd., 2020).

2.1.2. Türkiye'de Yetiştirilen Defne (*Laurus nobilis* L.) Türleri ve Önemi



Şekil 2.2 : Defne bitkisi.

Türkiye'de defne bitkisinin en yaygın olduğu bölgeler Ege ve Akdeniz bölgesi olmakla beraber Balıkesir, Bursa, Yalova, İstanbul, Zonguldak, Kastamonu, Sinop, Trabzon, Rize, İzmir, Muğla, Antalya, Mersin ve Maraş illerinde deniz seviyesinden 0-1200 m arasında yayılış göstermektedir. Şekil 2.2'de defne bitkisi ve yaprağı, Şekil 2.3'te ise defne bitkisinin Türkiye'deki dağılım alanları görülmektedir.



Şekil 2.3 : Defne bitkisinin Türkiye'deki dağılımı.

Defne bitkisi, ülkemizin birçok yerinde farklı isimle bilinmektedir (Yilmaz vd., 2021). Tablo 2.1'de defne bitkisi halk arasında ki kullanılan bazı yöresel isimleri verilmiştir.

Tablo 2.1: Defne bitkisinin halk arasında kullanılan bazı yöresel isimleri.

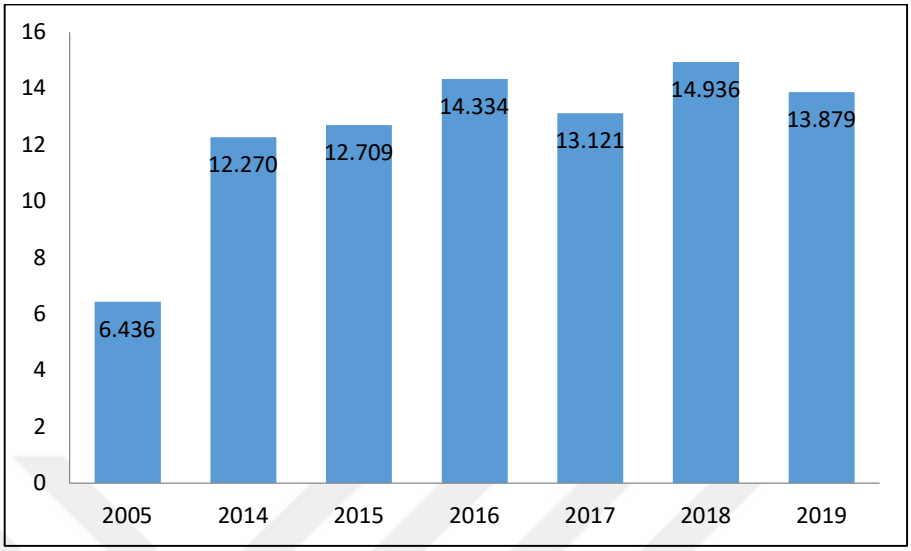
Hatay	defne, har, teynel ve gar
Mersin	har, teynel ve defne
Adana	har, teynel ve defne
Osmaniye	har, teynel ve defne
Kahramanmaraş	harve, defne
Antalya Gazipaşa, Akseki, Sinanhoca Köyü	Ehnel
Manavgat, sırtköy, Finike	Ehnel
Güzelbağ	Defne
Samsun, Sakarya	Defne, taflan
Kastamonu	Tefrin, defnün

Türkiye'de defne yaprağı üretimi, haziran ortası ve temmuz ayı başında başlamakta eylül ayı sonunda bitmektedir. Ülkemizde defnenin 2014 yılında toplam yayılış alanı yaklaşık 131862 hektar, ve potansiyel verimi ise 12.201.326 kg/yıl olarak verilmiştir. Türkiye, dünya defne yaprağı ihracatı yapan ülkeler arasında ilk sırada olup, 2014 yılında 12.270 ton ihracat karşılığında 36 milyon dollar gelir elde etmiştir (Karık vd., 2015).

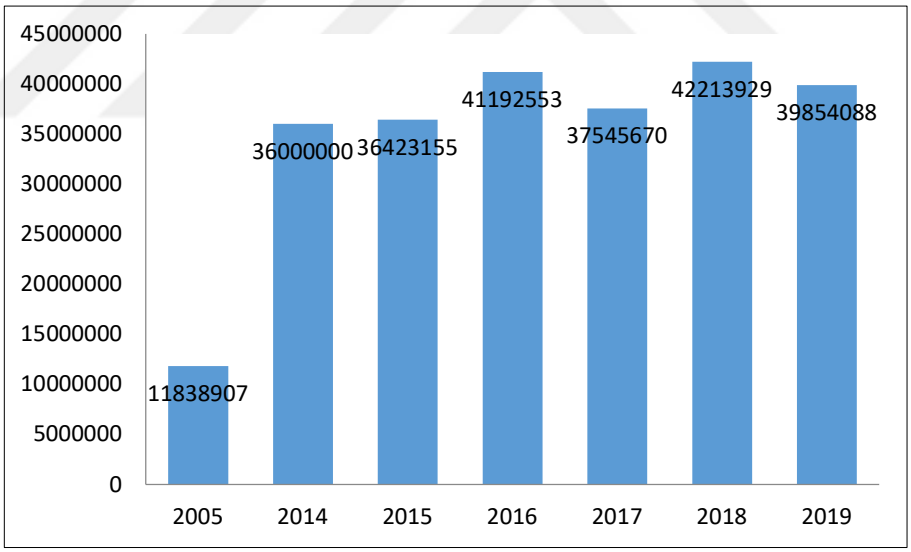
Tablo 2.2: Defne yaprağı ihracatı.

Değer	2005	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Miktar (Ton)	6,436	12,270	12,710	14,350	13,125	14,940	13,879
İhracat Dolar$	11,838,907	36,000,000	36,423,155	41,192,553	37,545,670	42,213,929	39,854,088

Türkiye, 2005 yılında 6,436 ton defne ihracatına karşılık 11,8 milyon dolar gelir elde ederken, 2019 yılında 13,879 ton defne ihracatına karşılık 39,8 milyon dolar gelir elde etmiştir. 2019 yılında defne üretimi 32,537 tona yükselirken ülke ekonomisine ise 1 milyar 500 milyon TL katkı sağlamıştır). 2005-2019 yılları arasında gerçekleşen defne yaprağı ihracatına ait veriler Tablo 2.2, Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te verilmiştir (Karık vd., 2015).



Şekil 2.4: Defne yaprağı ihracat miktarı.



Şekil 2.5: Defne yaprağı ihracat geliri.

Türkiye, dünyanın kuru defne yaprağı ihtiyacının %95'ini karşılamaktadır. Defne yaprağı, Türkiye'den ihraç edilen tıbbi ve aromatik bitkiler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye'nin 2015 yılı ihracat değerlerine göre ülkemizden en çok defne ithal eden ülkeler Tablo 2.3'te görünmektedir (Kurt vd., 2016).

Tablo 2.3: 2015 yılı verilerine göre Türkiye'den defnenin en çok ihraç edildiği ülkeler.

Ülke	Ton
Vietnam	7,265
Brezilya	529,4
Polonya	523,5
ABD	492,4
Singapur	418,4
Japonya	250
Almanya	211

2.2. DEFNE BİTKİSİNİN BÜYÜME VE HASAT KOŞULLARI

Defne bitkisi deniz, dağ geçitleri ve vadilere yakın bölgelerde yetişmektedir, soğuktan etkilendiği için yüksek rakımlarda bulunmaz. Ayrıca, bahçelerde çit olarak da yetiştirilmektedir. Defnenin büyümesi için en uygun koşullar güneşli ve iyi drene edilmiş topraklardır. Çalı formu, gündüz sıcaklıklarının yıllık 17-25 °C arasında değiştiği ancak 8 – 30 °C 'yi tolere edebildiği alanlarda büyümektedir. Defne ağacı yaklaşık -5 °C sıcaklıklarda hayatta kalabilir. Ağaç için, yıllık ortalama 600–1000 mm yağış gerekir, ancak 300–2200 mm'yi de tolere edebilir (Huxley vd., 1992). Bitki ıslakken hasattan kaçınılmalıdır (Batool vd., 2020).

Bitki her zaman yeşil olduğu için defne yaprağı tüm yıl boyunca hasat edilebilir. Bununla birlikte, bitki çiçek açtığında yapraklar toplanmalıdır (Kilic vd., 2022; Ordoudi vd., 2002). Genellikle, en yüksek verim ve en yüksek kuru yaprak kalitesi için yılda bir veya iki hasat önerilir.

Çiy, yüksek nem ve yağmur gibi hava koşulları, bozulmaya ve renk bozulmasına neden olabileceğinden hasat sırasında istenmez (Ambrose vd., 2016).

Taze defne yaprakları acı ve keskin bir tada sahiptir. Bu nedenle, kullanımdan önce yapraklar kurutulmalıdır. Yaprak toplandıktan sonra, taze kurutulmuş yapraklardan daha iyi ve daha derin bir lezzet gözlemlenmiştir (Batool vd., 2020).

Yaprakların toplanması genellikle el veya tırmık gibi küçük tarım aletleri kullanılarak yapılır. Bazen bitki sapları kesilir ve hasattan sonra yapraklar veya meyveler çıkarılır (Weiss., 2002). Defne, genelde direkt güneş alan bir konumu tercih eder, ancak hafif gölgede ve hatta oldukça yoğun gölgede bile yetişebilmektedir. Orta düzeyde verimliliğe sahip herhangi bir toprak büyümesi için uygundur, ancak nemi tutan, iyi drene edilmiş verimli toprakları da tercih etmektedir (Souayah., 2002).

Çeşitli kalite standartları ve tüketici tercihlerine göre yapraklar paketlenerek serin ve kuru bir yerde muhafaza edilir. Baharatlar için önerilen saklama koşulları 10-15 °C ve %55–65 bağıl nemdir (Raghavan., 2006).

2.3. DEFNE BİTKİSİNİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Defne türleri için yapılan fitokimyasal analizler; uçucu ve uçucu olmayan yağlar, flavonoidler, tanenler, seskiterpenik alkoller, alkaloidler, mineraller ve vitaminlerin bileşiklerinin varlığını göstermiştir (Abu-Dahab., 2014).

Farklı kaynaklardan elde edilen defnenin kimyasal bileşimi incelendiğinde, ana bileşenin %31,4 ile %56 arasında değişen oranlarla 1,8-sineol olduğu tespit edilmiştir (Pino vd., 1993). Diğer bileşenler arasında ise kayda değer miktarlarda olan linalool, trans-sabinen hidrat, α-terpinilasetat, metil öjenol, sabinene ve öjenol mevcuttur (Flamini vd., 2007; Pino vd., 1993). Bu bileşenlerden öjenol, metil öjenol ve elemisinin %1 ile %12 arasında değişen oranları, defne yaprağının aroması üzerine etkisison derece önemlidir. Bu da defne yaprağının kalitesini belirler (Pino vd., 1993).

2.3.1. Defne Yaprağı ve Meyvesi



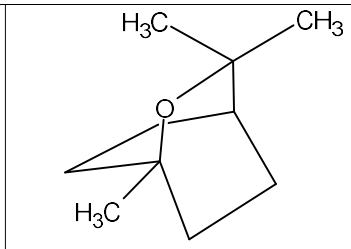
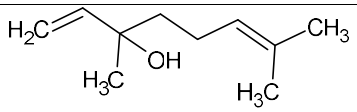
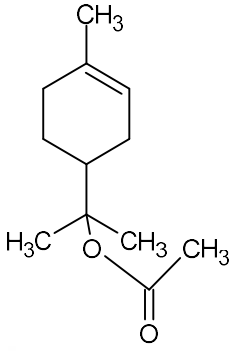
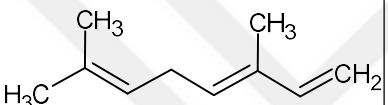
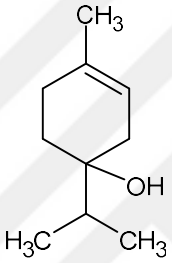
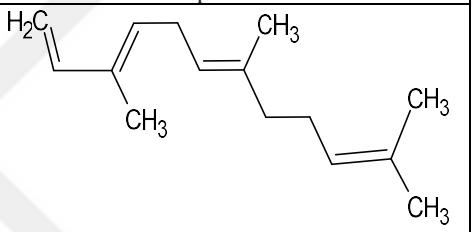
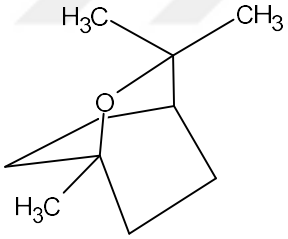
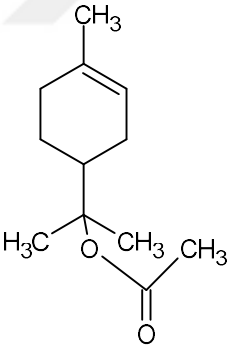
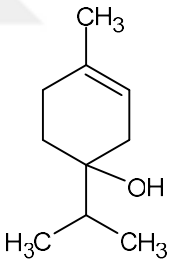
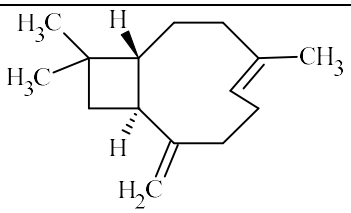
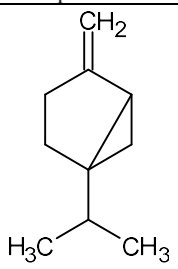
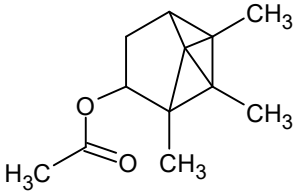
Şekil 2.6: Defne yaprağı ve meyvesi.

Farklı kökenlerden gelen defne yapraklarının kimyasal bileşiminde başlıca bileşenin 1,8-sineol olduğu bildirilmiştir. Yapraklarda en çok bulunan uçucu yağ bileşenleri 1,8-sineol, α-terpinil asetat, linalool ve sabinendir. Yapılan literatür araştırmasında, Arnavutluk, Arjantin, Bulgaristan, İran, Türkiye ve Sırbistan gibi farklı ülkelerden elde edilen defne yapraklarının kimyasal bileşenleri incelenmiş ve özellikle Hindistan ve Nepal'den gelen yaprakların başlıca linalool, ardından 1,8-sineole ve α-pinene içerdiği tespit edilmiştir (Choudhary vd., 2013). Bulgaristan'da yetişen defne yapraklarında 1,8-sineol oranının yüksek olduğu bulunmuştur. Yapılan araştırmalarda, 1,8-sineol'ün, böcekleri kovmak ve otçulları caydırmak gibi temel ekolojik işlevleri yerine getirdiği tespit edilmiştir (Southwell vd., 2003; Franks vd., 2012).

Defne yapraklarında bulunan bisiklik monoterpenler α-pinen ve β-pinen, lipofilik, böcek öldürücü, yatıştırıcı, mantar öldürücü ve antikanserojenik etkilere sahip önemli bileşenlerdir (Mercier vd., 2009). Defne yaprağı ve meyvesi Şekil 2.6'da görülmektedir.

Fenilpropen türevleri olan ve yapraklarda %1-%12 arasında değişen oranlarda bulunan öjenol, metil öjenol ve elemisin, defne yaprağının baharatlı aromasından sorumlu önemli bileşenlerdir (Pino vd., 1993). Öjenol ve metil öjenol, insanlar üzerinde anestetik, hipotermik, kas gevşetici, antikonvülsan ve anti-stres aktivitelerine ve patojenlere ve böcek otçullarına karşı antifungal, antibakteriyel, antinematodal veya toksik rollere sahiptir (Tan vd., 2012). Defne bitkisinde bulunan terpenoid bileşenleri Tablo 2.4'te görülmektedir.

Tablo 2.4: Defne bitkisinde bulunan başlıca bileşenler.

Yapraklar	 1,8-sineole	 Linalool	 α-terpinil asetat
Meyve	 (E)-β-ocimene	 4-Terpineol	 E-α -farnesen
Çiçek	 1,8-sineole	 α-terpinil asetat	 4-Terpineol
Kök	 E-β-karyofillen	 sabinene	 Bornyl asetat

Defne bitkisinin meyveleri siyah zeytine benzemektedir (Marzouki vd., 2008). Bitkinin farklı organlarından elde edilen uçucu yağlar benzer bileşenler içermesine rağmen, ana bileşikler arasındaki yüzde oranlar farklılık göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, yaprak, tomurcuk ve çiçeklerde ana bileşen olarak 1,8-sineole, sabinen α-terpinil asetat, metil öjenol, öjenol ve linalool bulunduğu tespit edilirken meyvelerde ise aynı bileşiklerin daha küçük miktarlarda mevcut olduğu bulunmuştur (Kilic vd., 2004). Bir başka çalışmada ise, (*E*)-β-ocimene'nin Türk defne yapraklarında bulunmayan önemli bir meyve uçucu yağı olduğunu bildirmiştir (Hafizoglu vd., 1993). Türkiye'de yetişen defne meyvesinin uçucu yağın da ana bileşen olarak 4-terpineol bulunmuştur (Özcan vd., 2005).

2.3.2. Kök ve Çiçek



Şekil 2.7: Defne kök ve çiçek.

Köklerden elde edilen uçucu yağda başlıca 1,8-sineol α-terpinil asetat, terpinen-4-ol, *p*-simen ve δ-kadinen bulunduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, dişi köklerde uçucuların daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir (Yahyaa vd., 2015). Uçucu yağlarda bulunan bileşenlere ait farklılıkları belirlemek amacıyla tüm erkek ve dişi çiçeklerden elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimleri incelenmiş ve baskın bileşen olarak (*E*)-osimen (%65,3) bulunmuştur. Bunu, sırasıyla dişi çiçeklerde % 20,5, erkek çiçeklerde ise %26,3 oranıyla 1,8-sineol izlemektedir. Polen uçucuları arasında ana bileşen olarak limonen (%11,6) bulunmaktadır, bunun yanında 1,8-sineol (%9,1), terpinolen (%4,7) ve y-terpinen (%4,5) yer

almaktadır. Staminoidlerin ve bütün dişi çiçeklerin VOC'leri arasındaki önemli farklılıklar şunlardı: (E)-osimen (sırasıyla %17,8'e karşı %65,3), β-karyofillen (%15,4'e karşı %0,4), (Z,E)-α -farnesen (%10,3'e karşı %0,5), 1.8-sineol (%7,9'a karşı %20,5), β-elemen (%5,3'e karşı %0,1) ve germacrene D (%5,1'e karşı %0,1) Tablo 2.5'te defne yaprağı, meyvesi ve çiçeğin deki ana bileşenler ve yüzde miktarları gösterilmiştir (Flamini vd., 2002).

Tablo 2.5: Defne bitkisindeki başlıca uçucu bileşenler miktarları.

Yaprak	
Bileşenler	**%**
1,8–Sineol	46,61– 72,09
Sabinen	4,44–14,05
α-Terpinil asetat	4,04–25,70
Linalool	8,4
Meyve	
1,8–Sineol	9,50–20,45
(E)-β-osimen	11,88–28,35
α–Fellandren	10,58–15,87
α–Pinen	3,3–16,55
β-Pinen	2,1–12,83
Çiçek	
1,8–Sineol	8,8
α–Pinen	5,1
β-Elemen	5,4
E-β-Karyofilen	5,1

2.4. DEFNE BİTKİSİNİN UÇUCU YAĞ BİLEŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Genel olarak, uçucu yağlar hidrodistilasyon (HD) ve buhar destilasyon (BD) yöntemleri ile elde edilirler. Ancak, bu yöntemlerin bazı dezavantajları olabilmektedir. Özellikle, hidrodestilasyon sırasında meydana gelen termal bozunmakarakteristik bir kötü kokuya neden olur bu da önemli bir dezavantajdır. Diğer taraftan buhar destilasyonu sonucu, yüksek oranda mumlar ve diğer yüksek moleküler kütleli bileşikler içeren uçucu yağlar elde edilebilir. Buhar destilasyonunun bir başka dezavantajıda, az miktarda organik çözücünün ekstraksiyon ürününü kirletebilmesidir (Ivanović vd., 2010).

Mikrodalga ekstraksiyonu, defne bitkisinden uçucu yağ eldesi için kullanılan çözücüsüz bir ekstraksiyon yöntemidir. Konvansiyonel yöntemle karşılaştırıldığında, yağda monoterpenler azalırken oksijenli bileşikler daha yüksek miktarlarda ekstrakte edilir. Hidrodestilasyon sonucu elde edilen yağ fraksiyonunda β-elemene, spathulenol ve epi-γ-eudesmol tespit edilirken, mikrodalga ekstraksiyonu sonucu δ-terpineol ve borneol tespit edilmiştir (Bendjersi vd., 2016). Uçucu yağ bileşimi, farklı kurutma yöntemlerinden de etkilenebilir. Bir çalışmada, donmuş ve dondurularak kurutulmuş defne yapraklarındaki uçucu yağ bileşimlerinde konsantrasyon seviyeleri artan öjenol, elemisin, spathulenol β-eudesmol hariç önemli kayıplar olduğunu bildirilmiştir. 1,8-cineole, linalool ve geraniol gibi oksijenli terpenlerin konsantrasyonları, havada veya fırında kurutulduktan (45 °C) sonra biraz azalmıştır (Díaz-Maroto vd., 2002). Seskiterpen hidrokarbonları, havada kurutulmuş yapraklarda (%0,25–11,45), oksijenli seskiterpenler ise özellikle taze yapraklarda (%0,08–0,43) tespit edilmiştir. Havada ve fırında kurutmanın (45 °C ve 65 °C) etkisi, monoterpen hidrokarbonların çoğunun kaybıyla sonuçlanmıştır ve bu kayıp, fırında kurutmada 45 °C'den 65 °C'ye sıcaklık artışı ile daha belirgin olmuştur (Sellami vd., 2011). Bazı uçucuların ortadan kaybolmasıyla birlikte, bu çalışmalarda ayrıca, hava ve kızılötesi (IR) (65 °C) kurutma metodları da uygulanmış ve bunlardan elde edilen uçucu yağlarda tricyclene, trans-2-heksenal, trans-2-hexenol, α-terpinene, terpinolene, kafur, alil asetat, allilanisol, mirtenil asetat, a-terpineol, borneol, valencen, geranil asetat, mirtenol, nonadekan ve spathulenol bileşenleri tespit edilmiştir.

Bununla birlikte, bu bileşikler taze yaprak ekstraktında tespit edilmemiştir. Kurutma nedeniyle, nem difüzyonla yaprak yüzeylerine hareket eder veya defne monoterpen hidrokarbonlarının çoğu yaprak yüzeyinde veya yakınında depolanabilir ve bu nedenle kurutma işlemi sırasında su ile kaybolabilirler (Asekun vd., 2007).

2.5. DEFNE BİTKİSİNİN UÇUCU YAĞININ BİYOLOJİK AKTİVİTESİ

Defne bitkisinin farklı bölümleri ve uçucu yağı, tarım, tıp, gıda, ilaç endüstrileri vb. birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, çorbalar, balıklar, etler, yahniler, pudingler, sirke ve içecekler de tercih edilmektedir (Flamini vd., 2004).

Defne meyvelerinin ve yapraklarının sulu ekstraktı çeşitli nörolojik, dermatolojik ve ürolojik bozuklukların tedavisinde kullanılmıştır (Georgiev vd., 2006).

Aromatik bir kokuya sahipolan yapraklar kötü ağız kokusunu için kullanılır. Yemeklerde kullanımının yanı sıra, uyarıcı ve gaz giderici özelliklerinden dolayı romatizma, mide bulantısı, kusma, ateş, kansızlık, vücut kokusu, ishal ve kolit tedavisinde de kullanılmaktadır. Ayrıca, iltihap önleyici ve şeker düşürücü özelliklere sahiptir. Antioksidan özelliğinden dolayı bağışıklık sisteminin iyileştirilmesi ve ve kan kolesterolü ve ürik asit seviyesini düşürmek için kullanılanılır (Batool vd., 2020).
Ayrıca, defne uçucu yağı şu anda halk ilaçlarında romatizma ve dermatit gibi farklı sağlık sorunlarının tedavisi için kullanılmaktadır (Kilic vd,. 2004).

2.5.1. Antioksidan Aktivite

Antioksidanlar, vücut savunma sistemini yok etmeye çalışan otoimmün hastalıklar, nörolojik hastalıklar, yaşlılık ve diğer hastalıklara karşı iyileştirici, önleyici ve tedavi edici rolleri olan maddelerdir. Oksidasyon işlemlerini engelleyerek gıdaların korunmasında önemli bir rol oynarlar. Antioksidanların gıdalarla vücuda alınımı kanser, kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli hastalıkları önlemede ve yaşlanma sürelerini geciktirmede önemli rol oynamaktadır (Shahidi vd., 2015). Bu nedenle, gıdalarda ve bitkilerde doğal olarak bulunan birçok bileşiğin antioksidan kapasitesinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Antioksidan aktivitesinin belirlenmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında başlıca; 2.2.-Difenil-1-pikrihidrazil (DPPH) Radikal Söndürücü Kapasite Yöntemi, Troloks Eşiti Antioksidan Kapasite (TEAC veya ABTS) Yöntemi, Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) Yöntemi ve Cu (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite (CUPRAC) Yöntemi kullanılmaktadır.

Literatürde, defne bitkisinin uçucu yağ antioksidan aktivitesinin, bitkinin gıda formülasyonları ve geleneksel tıptaki önemi göz önünde bulundurularak araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Chahal vd., 2017; Patrakar vd., 2012).

Yapılan bir çalışmada, Türkiye'de Hatay'da yetişen defne yapraklarından ekstrakte edilen uçucu yağın antioksidan aktivitesi incelenmiştir (Yilmaz vd., 2013). Ana bileşen olarak 1,8-sineol (%51,8) belirmiştir. Bu çalışmada, uçucu yağın sentetik antioksidanlara kıyasla daha düşük bir indirgeme aktivitesine sahip olduğu bulunmuştur. Buna karşılık, ana bileşenleri α-terpinil asetat (%28,43) ve metil öjenol (%19,57) olan Tunus'ta yetiştirilen aynı bitkinin çiçek tomurcuklarından ekstrakte edilen uçucu yağın BHT'den daha yüksek bir antioksidan aktivite gösterdiği bulunmuştur.

Defne uçucu yağının antioksidan aktivitesini arttırmak için süperkritik CO_2 ve mikrodalga dahil olmak üzere çeşitli ekstraksiyon yöntemleri önerilmiştir (Bendjersi vd., 2016). Uçucu yağ ile ilgili literatürün yanı sıra, defne yaprak infüzyonlarının laboratuvar ortamında antioksidan aktivitesi üzerine başka araştırmalar da yapılmıştır (Dall'Acqua vd., 2009).

Meyve, yaprak ve çiçek ekstraktlarına üzerine bir çök araştırmalar yapılmıştır, gibi (Bozan vd., 2007; Speroni vd., 2011 ve Ozcan vd., 2010).

Toplam fenolikler ile antioksidan aktivite arasında bir ilişki bulunmaktadır (Ramos vd., 2012).

2.5.2. Antimikrobiyal Etkinlik

Defne uçucu yağın antimikrobiyal aktivitesi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır (Derwich vd., 2009). Yapılan bir çalışmada, Fas'ta yetiştirilen *L. nobilis* L.'den elde edilen uçucu yağın antimikrobiyal aktivitesini incelenmiş ve test edilen tüm bakteri örnekleri için 0,01 ila 1 mg/mL arasında değişen minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) değerleri bulunmuştur (Nabila vd., 2022). Cezayir'de yapılan diğer bir çalışmada ise, ana bileşenler olarak 1,8-sineol (%31,9), sabinen (%12,2) ve linalool (%10,2) içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Güney İtalya'da toplanan defne yapraklarından elde edilen uçucu yağın antimikrobiyal aktivitesi incelenmiş ve Bacilluscereus dışında test edilen tüm suşlar için MIC değerleri, uçucu yağdaki 1,8-sineole göre daha etkili olduğunu doğrularken, B. cereus için MIC ve uçucu yağ ana bileşeninin değişmediği görülmüştür (Caputo vd., 2017).

Defne bitkisinin hem tarımda hem de gıda endüstrisinde etkili olan mantar önleyici özellikleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Bayar vd., 2018). Defne yaprağındaki uçucu yağın antifungal aktivitesinin etki mekanizmasını araştırmayı amaçlayan az sayıda çalışma bulunmaktadır (Peixoto vd., 2017).

2.5.3. Diğer Biyolojik Aktiviteler

Defne meyvelerinin ve yapraklarının sulu özleri, bitkisel tıpta yaşlanma karşıtı bir ajan olarak ve çeşitli nörolojik, dermatolojik ve ürolojik bozuklukların tedavisinde kullanılmıştır (Georgiev vd., 2006).

Ayrıca, defne bitkisinden elde edilen uçucu yağ günümüzde tamamlayıcı tıpta romatizma ve dermatit gibi farklı sağlık sorunlarının tedavisi için kullanılmaktadır (Kilic vd., 2004).

2.6. EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ

Bitki materyallerinden biyoaktif bileşiklerin kalitatif ve kantitatif çalışmaları çoğunlukla uygun ekstraksiyon yönteminin seçimine dayanmaktadır (Smith., 2003; Sasidharan vd., 2011). Ekstraksiyon, uçucu yağ elde edilmesi için önemli bir yöntemdir (Hennion vd., 1998). Bitki materyallerinin ekstraksiyonu, çeşitli ekstraksiyon prosedürleri ile yapılabilir. Günümüzde, sentetik ve organik kimyasalların daha az kullanıldığı, işletme süresinin azaldığı, ekstraktın daha iyi verim ve daha kaliteli elde edildiği çevre dostu olan çeşitli ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmiştir (Vinatoru vd., 1997; Ghafoor vd., 2011). Bu yöntemler arasında; ultrason destekli ekstraksiyon (Toepfl vd., 2006), enzim sindirimi (Gaur vd., 2007), ekstrüzyon (Lusas vd., 1988), mikrodalga destekli ekstraksiyon (Kaufmann vd., 2002), ohmik ısıtma (Lakkakula vd., 2004), süper kritik akışkanlar (Marr vd., 2000; Lang vd., 2001; Meirelesvd., 2003; Wang vd., 2008 ve Ghafoor vd., 2010) ve hızlandırılmış çözücüler (Kaufmann vd., 2002 ; Smith., 2002) sayılabilir.

Tipik bir ekstraksiyon işlemi aşağıdaki adımları içerir:

1. Bitki materyalinin toplanması ve kurutulması
2. Boyut küçültme
3. Ekstraksiyon
4. Filtrasyon
5. Konsantrasyon
6. Kurutma ve Sulandırma

Bir özütün kalitesi, aşağıdaki faktörlerden etkilenir:

1- Başlangıç olarak kullanılan bitki parçaları
2- Ekstraksiyon için kullanılan çözücü
3- Ekstraksiyon prosedürü ve bitki materyali (Gupta vd., 2012).

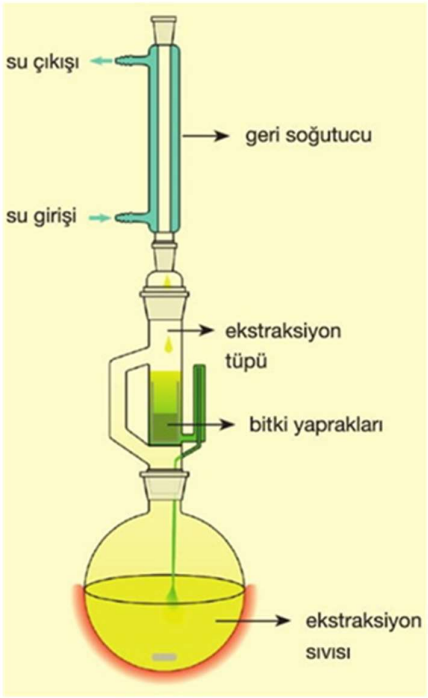
2.6.1. Geleneksel EkstraksiyonYöntemler

Bitki materyallerinden biyoaktif bileşikler, çeşitli klasik ekstraksiyon teknikleri ile ekstrakte edilebilir. Bu tekniklerin çoğu, kullanımdaki farklı çözücülerin özütleme gücüne ve ısı ve/veya karıştırma uygulamasına dayanmaktadır. Bitkilerden biyoaktif bileşikleri elde etmek için en çok kullanılan yöntemler; Soxhlet Yöntemi, Maserasyon ve Hidrodestilasyon'dur.

2.6.1.1. Soxhlet Yöntemi

Soxhlet ekstraksiyonu ilk olarak Alman kimyager Franz Ritter Von Soxhlet tarafından 1879'da önerilmiştir. Bu yönteme ait deney düzeneği Şekil 2.8'de görülmektedir. Soxhlet ekstraksiyon yöntemi, çeşitli doğal kaynaklardan değerli biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılan basit ve ucuz bir yöntemdir. Ancak, uzun ekstraksiyon süresi, ekstraksiyon sonrası geri kalan çözücü ve ekstraksiyon sonrası yoğunlaştırma işlemi sırasında molekül ağırlığı düşük uçucu bileşiklerin kaybı gibi dezavantajları bulunmaktadır. Saf çözücülerin pahalı olması ve büyük miktarlarda kullanılması da maddi açıdan bir yük getirmektedir. Bu hem ekonomik açıdan hem de çevre kirliliği (toksit özellikleri) bakımından önemlidir (Wang vd., 2006).

Soxhlet ekstraksiyon yönteminde öncelikle, katı materyal kurutulur, küçük parçalara ayrılır ve bu parçacıklar selülozdan yapılmış olan ekstraksiyon kartuşuna doldurulur. Kartuş ekstraksiyon kolunun içine yerleştirilir. Cam balona çözücü konulur ve ısıtıcı yardımıyla çözücünün buharlaşması sağlanır. Buharlaşan çözücü ekstraksiyon kolundan geçerek geri soğutucuya ulaşır. Geri soğutucuda yoğunlaşan çözücü tekrar ekstraksiyon koluna gelerek kartuş içerisinde bulunan maddeyi çözer ve sifon yaparak cam balona geri döner. Bu işlem sürekli tekrarlanarak ekstraksiyon tamamlanmış olur. Şekil 2.8'de Soxhlet ekstraksiyon cihazı göstermektedir.



Şekil 2.8: Soxhlet cihazı.

2.6.1.2. Maserasyon Yöntemi

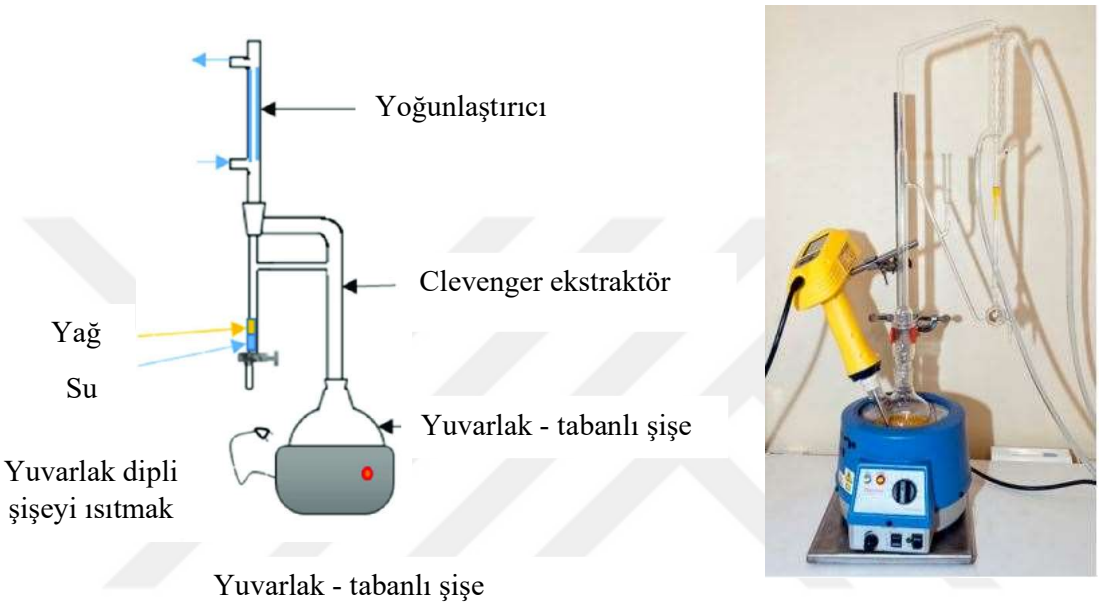
Maserasyon, uçucu yağlar ve biyoaktif bileşikler elde etmenin popüler ve ucuz bir yoludur. Uzun yıllar ev yapımı tonik hazırlanmasında kullanılmıştır. Küçük ölçekli maserasyon ekstraksiyonu birkaç adımdan oluşur. İlk olarak, yüzey alanını arttırmak için bitki materyali küçük parçacıklar halinde öğütülür. Daha sonra, öğütülen bitki metaryeli kapalı bir kapta çözücü ile karıştırılır. Üçüncü adımda ise, sıvı süzülür ve çözeltiyi geri kazanmak için kalıntı preslenir. Elde edilen süzülmüş ve preslenmiş sıvı tekrar süzülerek safsızlıklardan ayrılır (Stéphane vd., 2021).

2.6.1.3. Clevenger Yöntemi

Hidrodestilasyon, bitkilerden biyoaktif bileşiklerin ve uçucu yağların eldesinde yaygın olarak kullanılan geleneksel bir yöntemdir (Vankar., 2004). Küçük ölçekli üretimlerde Clevenger tipi bir aparatla yapılan destilasyon işlemi endüstriyel uygulamalarda büyük destilasyon kazanlarında (İmbik) gerçekleştirilmektedir. Şekil 2'9da da clevenger tipi aparat ile destilasyon düzeneği görülmektedir.

Hidrodestilasyon yönteminde, ilk olarak, bitki materyali cam balona alınır ve üzerine yeterli miktarda su ilave edilir. Daha sonra, balon üzerine clevenger aparatı ve soğutucu bağlanarak 2 -8 saat süre ile kaynatılır. Bu süre sonunda, su buharı ile birlikte hareket eden yağ molekülleri soğutucuda yoğunlaştırılıp sudan ayrıştırılır. Elde edilen uçucu yağ miktarı volumetrik olarak ifade edilir (Silva vd., 2005).

Hidrodestilasyon, üç ana fizikokimyasal süreci içermektedir; Hidrodifüzyon, hidroliz ve ısı ile bozunma. Yüksek bir ekstraksiyon sıcaklığı bazı termal reaksiyonlara sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak, hidroliz ve isomerizasyon olayları meydana gelmekte ve bazı uçucu bileşenler kaybolabilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı yüksek sıcaklıkta bozulan bileşikler için uygulanmamalıdır. Şekil 2.9'da Clevenger cihazı görülmektedir.



Şekil 2.9: Clevenger cihazı.

2.6.2. Geleneksel Olmayan Ekstraksiyon Teknikleri

Geleneksel ekstraksiyonun başlıca zorlukları, daha uzun ekstraksiyon süresi, maliyetli ve yüksek saflıkta solvent gereksinimi, büyük miktarda solventin buharlaştırması, düşük ekstraksiyon seçiciliği ve yüksek ısı ile bozulan bileşiklerin uygulanmamalıdır (Luque de Castro vd., 1998).

Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinin bu sınırlamalarının üstesinden gelmek için yeni ve gelecek vaat eden ekstraksiyon teknikleri tanıtılmaktadır. Bu tekniklere geleneksel olmayan ekstraksiyon teknikleri denir. En umut verici tekniklerden bazıları, ultrason destekli ekstraksiyon, enzim destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, süper kritik sıvı ekstraksiyonu ve basınçlı sıvı ekstraksiyonudur.

2.7. BİTKİNİN KURUTULMASI

Kurutma, ürünlerden bulunan nemin belirli bir değere kadar uzaklaştırılmasıdır (Öncel vd., 2021). Kurutma, yiyecekleri korumanın en eski yöntemidir. Tarih boyunca güneş, rüzgar ve meyvelerden, etlerden, tahıllardan ve bitkilerden Suyu çıkarmak için dumanlı ateş kullanılmıştı. Gıda Dehidrasyon, yiyeceklerden sıcak havanın dolaştırılarak yiyeceklerden uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlem, gıdalarda enzimlerin ve bakterilerin büyümesini engeller. Kuru gıdalar lezzetli, besleyici, hafif, hazırlaması kolay, saklaması ve kullanması kolay gıdalardır (Ahmed vd., 2013).

Tıbbi ve aromatik bitkiler kendilerine has özellikleri göz önüne alınarak hızlı ve etkili bir şekilde kurutulmalıdır. Bitkinin görünüm ve dayanım özelliklerinin en iyi yansıtıldığı nem seviyesine düşürülmesi amacıyla uygulanan kurutma işlemi, ürünün işlenmesinde en önemli basamaklarından biridir. Literatürde, kurutma yöntemi ile ilgili çalışmalarda, kurutma yöntemi ve uygulanan parametrelerin kurutulmuş bitkilerin fitokimyasal ve antioksidan özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Nguyen vd., 2018; Shravya vd., 2019; Xua vd., 2020).

Literatür araştırmasında, bitkilerde farklı kurutma tekniklerinin kullanılmasının son yıllarda büyük önem kazandığı ve bu konudaki çalışmaların önemli ölçüde arttığını görülmektedir (Siti Zulaikha vd., 2017; Monteiro vd., 2020).

Kurutma Hızını Etkileyen Faktörler: Sıcaklık - Kurutma havasının hızı - Kurutulan Ürünün Yüzey Alanı - Ortamın nem içeriği (Ömer., vd 2022).

Bunun yanında, farklı kurutma tekniklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmakta ve kurutma kinetiği çeşitli matematiksel modeller ile incelenmektedir (Altay vd., 2019). Kurutma kinetiği çalışmaları, bitkinin kuruma davranışını analiz etmek için son derece önemlidir.

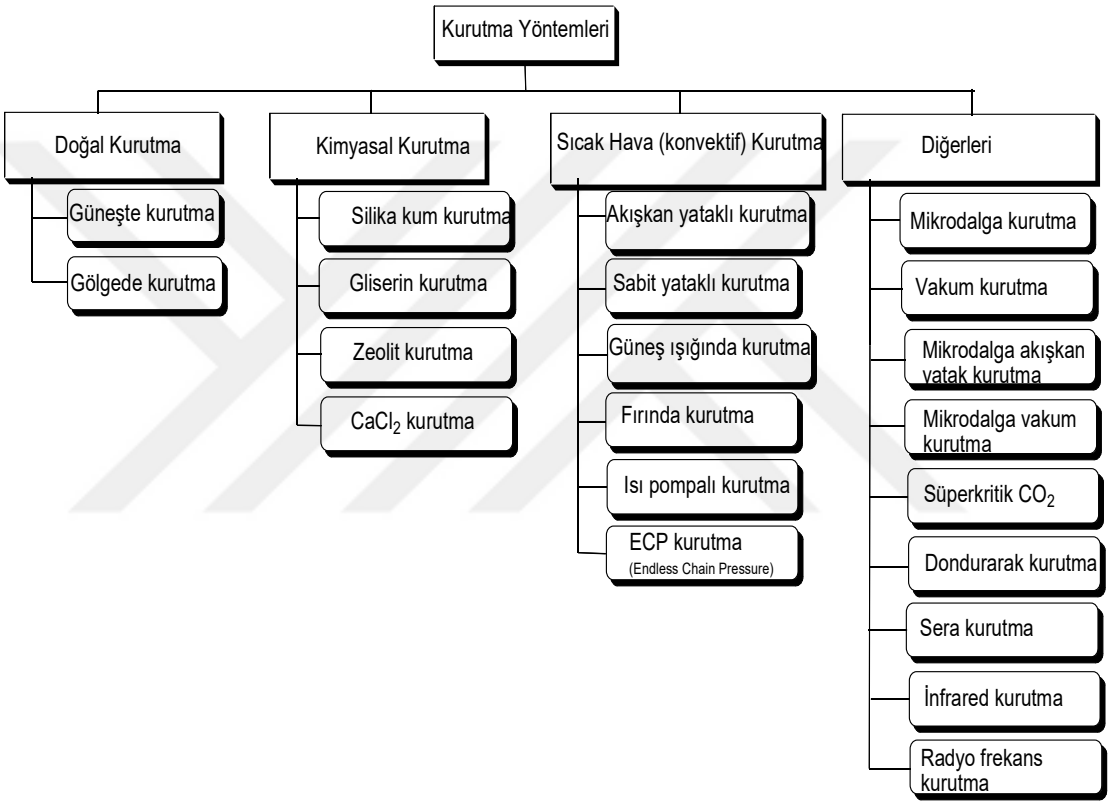
2.7.1. Kurutma Yöntemleri

Bitkiler, yüksek nem içeriği nedeniyle çabuk bozulan gıdalar olarak kabul edilir ve çoğu şifalı bitki soğuğa duyarlıdır (Pirbalouti vd., 2013).

Kurutma, kuru depolama sırasında mikroorganizmaların büyümesini ve kimyasal değişiklikleri engelleyen nem içeriğini azaltarak bitkilerin kalitesini korur. Kaliteyi iyileştirmenin yanı sıra

kurutma işleminin verimliliğini artırmak için yeni olanaklar sağlamayı amaçlayan kurutma teknikleri geliştirilmiştir. Kurutma yöntemi, kurutulmuş bitkilerin kalitesini etkileyen ana faktörlerden biridir (Díaz-Maroto vd., 2002).

Günümüzde, tıbbi ve aramotik bitkiler için yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemleri Şekil 2.10'da görülmektedir (Hasdemir vd. 2020).



Şekil 2.10: Kurutma yöntemlerinin sınıflandırılması.

Laboratuvar ölçekli bitki kurutma çalışmalarında yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemleri arasında 40-60 °C sıcaklık aralığında sıcak hava fırınında yapılan kurutma yer almaktadır (Shaw vd., 2016).

Yüksek kurutma sıcaklığının kurutulmuş ürünlerin kalitesi üzerindeki istenmeyen etkileri nedeniyle son yıllarda, geleneksel yöntemlere göre avantaj sağlayabilecek Mikrodalga kurutma, mikrodalga-vakum kurutma ve dondurarak kurutma gibi alternatif kurutma yöntemlerine odaklanılmıştır (Arslan vd., 2012; Giri vd., 2007).

2.7.1.1. Güneşte kurutma

Güneşte kurutma, çoğu tropikal veya subtropikal ülkelerde tıbbi bitkiler ve aromatik bitkiler gibi birçok tarım ürününü kurutmak için kullanılan ve halen kullanılanmakta olan en eski kurutma yöntemidir (Orphanides vd., 2016).

Güneşte kurutma işlemi sırasında taze bitki iyi havalandırılmış kurutma raflarına yerleştirilir ve doğrudan güneş ışığına maruz bırakılır. Güneşte kurutma, uygun bir kurutma yöntemi olmayabilir. Güneşte kurutma, kurutulmuş bitkilerde önemli bir renk ve aroma bozulmasına neden olur (Janjai vd., 2012).

Yüksek şeker ve asit içeren Meyvelerin güneşte kurutulması daha uygundur ve uygun bir ortam oluşturmaktadır.

Sebzeler şeker ve asit bakımından düşük olduğu için güneşte kurutulması önerilmez. Bu gıdalar bozulma riskleri yüksektir. Etler yüksek protein içeriğine sahip olduklarında için güneşte kurutulması onları mikrobiyal büyüme için ideal hale getirir.

Güneşte kurutmasında ısı ve nem kontrol edilemez. Güneşte kurutmak için en iyi ortam kuru (60% dan daha az nem), sıcak havadar ve 30 °C sıcaklık ve daha yüksek sıcaklıklara sahip günlerdir. Güneşte kurutmak dış mekanda birkaç gün sürmektedir (Ahmed vd., 2013).

2.7.1.2. Gölgede kurutma

Gölgede kurutma, ısıtma kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan başka bir bitki kurutma yöntemidir. İşlem, bitkilerin iyi havalandırılan, düşük nemli (örneğin Lippiacitriodora için %22-27) bir odada gölgenin altına yerleştirilmesi dışında, güneşte kurutma ile hemen hemen aynı şekilde gerçekleştirilir (Ebadi vd., 2015) ve doğrudan güneş ışığına maruz kalmadan. Gölge kurutma işlemi sırasında, havalandırılan hava, bitkilerden geçmeden önce güneş enerjisi kullanılarak ısıtılır (Sharma vd., 2009).

Bu kurutma yöntemi, ışığa duyarlı maddeleri koruma ve oksidasyon gibi ışık kaynaklı kimyasal reaksiyonları en aza indirme yeteneği nedeniyle güneşte kurutmaya göre avantajlar sağlayabilir. Bununla birlikte, gölgede kurutmanın kuruma süresi, zaten aşırı uzun bir işlem olarak kabul edilen güneşte kurutmadan daha uzundur (Pirbalouti vd., 2013).

Bu kurutma yöntemini kullanan çalışmalar, gölgede kurutmanın, sıcak havayla kurutma, güneşte kurutma, mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutma gibi diğer kurutma yöntemlerine kıyasla, kurutulmuş ürünlerin uçucu yağ içeriğini ve rengini koruma açısından daha iyi bir kurutma yöntemi olduğunu göstermiştir. Birçok bitki türü (Khorshidi vd., 2009, Sarosi vd., 2013).

Bununla birlikte, gölgede kurutma, bazı bitki türlerinde fonksiyonel özelliklerin önemli ölçüde kaybına neden olmuştur, örneğin, nane ve limon balsamının toplam antioksidan aktivitesi (TAA), gölgede kurutmadan sonra önemli ölçüde azalmıştır (10 gün boyunca 25-32 °C'lik bir kurutma sıcaklığı ile) ve kurutulmuş örneklerde askorbik asit ve karotenoidlerin kaybı gözlenmişir (Capecka vd., 2005).

Ek olarak, diğer kurutma yöntemlerine kıyasla bazı gölgede kurutulmuş bitkilerin aroma bileşiklerinin daha düşük içerikleri rapor edilmiştir. Kekik durumunda, gölgede kurutulmuş kekik, kurutulmuş üründe 50 ve 70 °C'de sıcak havada kurutma, güneşte kurutma ve dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında daha düşük uçucu yağ içeriği göstermilştir (Rahimmalek vd., 2013).

Bununla birlikte, güneşte kurutma gibi, gölgede kurutma, düşük yatırım maliyeti ve yüksek kaliteli kurutulmuş ürünleri nedeniyle kırsal alanlarda veya küçük işletmelerde hala popülerdir (Janjai vd., 2012).

2.7.1.3. Mikrodalgada kurutma

Mikrodalga kurutma, şu anda bitki işleme endüstrisinde kullanılan bir kurutma tekniğidir (Moses vd., 2014; Wray vd., 2015).

Mikrodalga kurutma maddenin yüzeyine gelen ısıtma mikrodalgaların absorbe edilmesi ve polar moleküller arasında meydana gelen titreşim ile sürtünmeler sonucu oluşmaktadır (Vadivambal vd., 2007).

Birçok kurutma yöntemine (konvektif kurutma, gölgede ve güneşte kurutma, dondurarak kurutma) kıyasla nispeten daha kısa kurutma süreleri sağlayarak ve yiyeceklerden suyun hızlı buharlaşmasını sağlar (Chi vd., 2003) ve kurutma işleminde enerji tüketimi daha azdır. Ayrıca mikrodalgada kurutulan bitkilerin kalitesi, diğer kurutma yöntemleriyle elde edilenden daha yüksektir. Mikrodalgada kurutulmuş fesleğen yaprakları, konvektif kurutma (50 °C) ve dondurarak kurutmadan elde edilen kurutulmuş ürünlere kıyasla daha yüksek uçucu madde içeriğine sahip olduğu görülmüştür (DiCesare vd., 2003).

2.7.1.4. Dondurarak kurutma

Tipik olarak bozulabilir bir malzemeyi korumak veya malzemeyi nakliye için daha uygun hale getirmek için kullanılan bir dehidrasyon işlemidir (Parikh vd., 2015).

Dondurarak kurutma, malzemeyi dondurarak ve ardından malzemedeki donmuş suyun doğrudan katı fazdan gaz fazına süblimleşmesini sağlamak amacıyla ortam basıncı azaltılır (Ahmed vd., 2013).

Dondurarak kurutma yöntemde, gıdanın suyunu süblime edilerek uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Bu teknikte Su katı şekline geçtiği için gıda maddesi mevcut şeklini korurmasına sağlar (Telis vd., 2002).

Dondurarak kurutma yönetemde kurutulan gıdalar renk, doku, lezzet ve besin değerleri aslına en yakın özellik gösterilmektedir. Fakat kurutma süresinin uzun ve kurutma işleminin maliyetli yüksektir (Marques vd., 2006).

2.7.1.5. Vakumda kurutma

Vakum da kurutma işleminde, su molekülleri yüzeye yayılır ve vakumda buharlaşmaktadır. Kurutma odasındakı vakum, ürün yüzeyindeki su buharı konsantrasyonunu azatarak buhar basıncı farkı oluşturmaktadır (Menon vd., 2020).

Vakumda kurutma yöntemde belirli bir basınç uygualnarak vakum ortamının yaratılması için buhar enjektörü veya vakum pompası kullanılmaktadır. Konveksiyon, kondüksiyon veya radyasyon ile ısıtılarak Ürün içerisindeki su buharlaştırılır ve uzaklaştırılır. Bu yöntem de, düşük sıcaklıklarda ve kısa sürede kurutmayı sağladığı için özellikle ısıya karşı hassas gıdalarda besin değeri ve kalite özelliklerindeki kayıpları en aza indirmek amacıyla tercih edilmektedir (A. Arévalo vd., 2006).

2.7.1.6. Mikrodalga-vakum kurutma

Mikrodalga ve vakumlu kurutma kombinasyonu son zamanlarda dikkat çekmiştir (Orphanides vd., 2016). İşlem, atmosfer altı basınçlı kurutma odasında gıda malzemelerinin sıcaklığını artırmak için ısıtma kaynağı olarak mikrodalga ışıması kullanılarak gerçekleştirilir. Vakum,

Suyun buharlaşmasının itici gücünü oluşturur ve konvektif kurutma ve mikrodalga kurutmaya kıyasla daha hızlı kurutma oranları sağlar (Soysal., 2004).

Vakum sistemi ile mikrodalga ısıtmanın kurutma uygulamaları düşük sıcaklıkta su buharı ayrışmasının hızlanmasına neden olur, ve işlem süresinin kısaltması daha kaliteli ürün oluşturmaktadır (Vadivambal vd., 2007). Sıcak havayla kurutma ile karşılaştırıldığında, mikrodalga vakumlu kurutma kurutma süresini %70-90 oranında azaltabilir ve ayrıca daha kaliteli ürünler elde edilebilir (Giri vd., 2007).

Buna karşılık, mikrodalga vakumlu kurutmanın biberiye gibi bazı bitki türlerinde kurutulmuş ürün kalitesini düşürdüğü rapor edilmiştir. Mikrodalga vakumlu kurutma, sıcak havayla kurutma ve sıcak havayla kurutma ve mikrodalga vakumlu kurutma kombinasyonu ile karşılaştırıldığında, kurutulmuş biberiye uçucu bileşiklerinin daha yüksek oranda kaybına neden olmuştur (Szumny vd., 2010).

2.8. KURUTMA KİNETİĞİ VE İNCE TABAKA KURUTMA MODELİ

Kurutma kinetiği çalışmaları, bir ürünün kuruma davranışını analiz etmek için önemlidir. Kurutma kinetiği, kurutma eğrisi ve kurutma hızı eğrisi kullanılarak yorumlanabilir. Kurutma eğrileri için literatürde çeşitli çalışmalarda kullanılan birçok matematiksel model bulunmaktadır (Ertekin vd., 2017; Alibas vd., 2020 ve Hasdemir vd., 2020).

Bitkilerin kuruması kinetik açıdan incelenirken birçok parametre söz konusudur. Bu parametreler; ürünün nemi ile kuruma süresi, kuruma hızı ile ürünün nemi, kuruma hızı ile kuruma süresi ve ürünün sıcaklığı ile nemi arasındaki ilişkilerdir.

2.8.1 İnce Tabaka Kurutma Modeli

Bitkiler için en uygun kurutma koşullarının belirlenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan bir kurutma modeli olan ince tabaka kurutma modeli, kullanım kolaylığı ve az veri gereksinimi nedeniyle son yıllarda birçok kurutma çalışmasında yer almaktadır. Bu modelde sıcaklığın homojen dağılması için bitki örnekleri tek bir tabaka halinde kurutulur. İnce tabaka kurutma modelleri deneysel, teorik ve yarı teorik olarak olmak üzere üç grup altında toplanır. Tablo 2.6'da bitki kurutmada kullanılan ince tabaka modellerinden bazıları verilmiştir.

Tablo 2.6: Kurutma eğrisi için kullanılan bazı matematiksel modeller.

No	Model Adı	Denklem
1	Midilli-Kucuk	MR= a exp(-kt^n)+bt
2	Page	MR=exp(-k*t^n)
3	Logarithmic	MR= *a exp(-kt)+c*
4	Two-term	MR= a exp(-k_0t)+bexp(-k_1t)
5	Wang and Singh	MR= 1+at+bt^2
6	Approximation of diffusion	MR= a exp(-kt)+(1-a)exp(-kbt)
7	Modified Henderson andPabis	MR=a exp(-kt)+b exp(-gt)+c exp(-ht)
8	ModifiedPage	*MR= exp(-(kt)^n)*
9	Henderson andPabis	*MR= a exp(-kt)*
10	Two-term exponential	MR= a exp(-kt)+(1-a)exp(-kat)
11	Verma et al.	MR= a exp(-kt)+(1-a)exp(-gt)
12	Weibull et all.	MR=a-b*exp(-k*t^n)
13	Newton	MR=exp(-k*t)

Tablo 2.6'da ki MR terimi nem oranıdır ve boyutsuz, zamanın bir fonksiyonudur. Model katsayıları n, a, k, c, b, g, h, k_0, k_1, kurutma süresi ise t'dir.

Nem oranı MR aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \tag{2.1}$$

Burada

MR: nem oranı (boyutsuz)

M_t : t anındaki nem içeriği (g su/g kuru bitki)

M_0 : başlangıç nem miktarı (g su/g kuru bitki)

M_e: denge nem miktarı (g su/ g kuru bitki)

Deneysel verilerle literatürde verilen ince tabaka modellerin uygunluğunu test etmek için determinasyon katsayısı (**R^2**), Hata Kareler Toplamı (**SSE**) ve Kök Ortalama Kare Hatası

(**RMSE**) gibi parametrelir hesaplanması gerekir.Elde edilen en yüksek **R^2** değeri (**bire yakın**) ve en düşük **SSE** ve **RMSE** değerleri (**sıfıra yakın**) en iyi modeli temsil etmektedir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(MR_{\text{Model,i}} - MR_{\text{Deneysel,i}}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(MR_{\text{Deneysel,i}} - \overline{MR}_{\text{Deneysel,i}}\right)^2} \tag{2.2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(MR_{\text{Model,i}} - MR_{\text{Deneysel,i}}\right)^2}{N}} \tag{2.3}$$

$$SSE = \sum_{i=1}^{N}\left(MR_{\text{Model,i}} - MR_{\text{Deneysel,i}}\right)^2 \tag{2.4}$$

Burada;

$MR_{\text{Deneysel,i}}$: Deneysel nem oranı

$MR_{\text{Model,i}}$: Model denklemden hesaplanan nem oranı

$\overline{MR}_{\text{Deneysel,i}}$: Deneysel nem oranı değerlerinin ortalaması

N : Deney sayısı

3. YÖNTEM

3.1. KULLANILAN ALET VE CİHAZLAR

Çalışmada kullanılan alet ve cihazlara ait bilgiler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Kullanılan cihazlar.

Cihazlar	
Hassas Terazi (PA224C)	Ohaus,United States
Spektrofotometre	Optima, Japonya
Mikrodalga	Vestel, Türkiye
Mikropipet	Brand, Almanya
Vakum	Stik, Almanya
Etüv	TERMAL, Hollanda
Vakumlu döner buharlaştırıcı.	Heidolph, Almanya
Mantolu ısıtıcı	
Clevenger aparatı	
Soxhlet aparatı	

3.2. KULLANILAN KİMYASAL MADDELER

Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler ve reaktifler den metil alkol, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, etil alkol, bakır (II) klorür dihidrat, amonyum asetat, neokuproin, Folin-Ciocalteu reaktifi, sodyum karbonat, C vitamini, bütil hidroksi anisol, bütil hidroksi tolüen, gallik asit, piridin ve silika jel 60 Merck/Sigma Aldrich ürünü olup analitik saflıktadır. Temizlik için teknik etil alkol ve aseton kullanmıştır.

3.3. BİTKİ MATERYALLERİNİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada bitki materyali olarak defne yaprakları Marmara Bölgesi, İstanbul Avcılar civarında yetişen defne yaprakları kullanmıştır. Hammadde seçilirken ezik ve çürük olmamasına, materyalin aynı bölgede olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan defne bitkisinin fotoğrafı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Defne yaprakları.

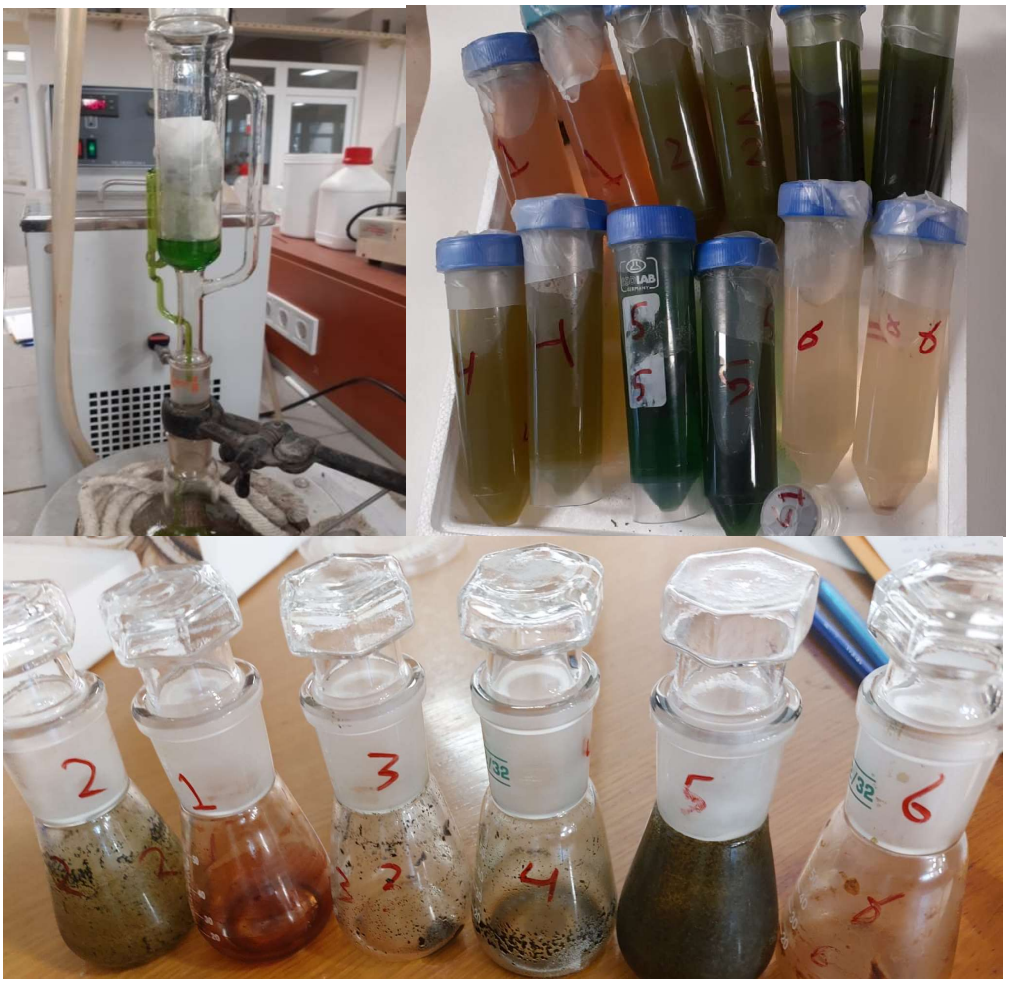
3.4. SOXHLET EKSTRAKSİYONU

Soxhlet yöntemi kullanılarak farklı ekstraktlar hazırlandı. Her bir denemede yaklaşık 10 gram defne yaprağı kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi Tablo 3.2'de verilen farklı çözücü ve çözücü karışımları kullanılarak 5 saat boyunca gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2 : Soxhlet ekstraksiyonunda kullanılan farklı çözücü karışımları.

Örnek No	Defne/yaprak	Miktar/gram	Çözücü	Solvent/%
1	Yaş	10	Su	100
2	Yaş	10	Su /Etanol	50/50
3	Yaş	10	Su/ Etanol	25/75
4	Yaş	10	Su/ Etanol	75/25
5	Yaş	10	Etanol	100
6	Kuru	10	Su	100

Şekil 3.2'de Soxhlet deneyi düzeneği ve elde edilen ekstraktlar görülmektedir. Tüm ekstraktlar kullanılıncaya kadar buzdolabında saklandı ve çözücüler vakum altında uzaklaştırıldı.



Şekil 3.2: Soxhlet deney düzeneği ve ekstraktlar.

3.5. KURUTMA YÖNTEMLERİ

Kurutma başlamadan defne yapraklarının neminin belirlenmesi için 105 °C sıcaklıkta 24 saat boyunca etüvde standart nem tayini yapılmış olup materyalin etüve koymadan önceki ve sonraki kütlelerinden yola çıkılarak yaş ve kuru baza göre nem içeriği sırasıyla aşağıdaki denklemler (3.1 ve 3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M_{y0} = \frac{(w_0 - w_k)}{w_0} \times 100 = \frac{w_s}{w_0} \times 100 \quad (3.1)$$

$$M_{k0} = \frac{(w_0 - w_k)}{w_k} = \frac{w_s}{w_k} \quad (3.2)$$

M_{y0}, materyalin yaş baza göre ilk nem içeriği (%)

M_{k0}, materyalin kuru baza göre ilk nem içeriği (kgsu/kg kuru madde)

W_0, numunelerin ilk kütlesi (kg)

W_k, numunelerin kuru kütlesi (kg) ve W_s, numunelerdeki su kütlesidir (kg).

Kurutma deneylerinde kullanılan defne yaprak örneklerinin nem içeriği (M_t) değerleri hesaplamada denklem (3.3) kullanılmıştır.

$$M_t = \frac{m_t - m_d}{m_t} \quad (3.3)$$

Burada;

M_t: t anındaki nem içeriği (g su/g kuru madde)

m_t: t anındaki örneğin ağırlığı (g)

m_d: örneğin içerdiği kuru madde miktarı (g) dır

3.5.1. Etüvde Kurutma

Defne yapraklarının başlangıç nem içeriğini belirlemek için 50 gram defne yaprağı tartılarak 24 saat 105°C etüvde bekletilmiştir. Numunelerin ilk ve son kütlelerinden yola çıkılarak hem kuru hem de yaş baza göre nem içerikleri belirlenmiştir, Çalışmada kullanılan etüv Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4: Denemelerde kullanılan etüv.

3.5.2. Mikrodalgada Kurutma

Günlük toplanmış 20 gr defne yaprağı Vestel MW 17-W marka mikrodalga fırın (Şekil 3.5'te gösterilmişir) tablasına ince bir tabaka halinde yayılarak ve aşağıda verilen farklı süre ve güç kullanılarak yapılmıştır.

- Süre (1, 3, 5, 7, 15, 20 ve 25 dk)
- Güç (120, 400, 550 ve 700 W)



Şekil 3.5: Mikrodalga cihazı

Her örneğin ağırlığı kurutmadan önce ve sonra tartılarak nem yüzdesi hesaplanmıştır.

3.5.3. Güneşte Kurutma

Örnekler açık alanda gün boyu güneş ışınlarına maruz kalacak şekilde (ortalama 23 °C sıcaklık ve ortalama %60 nem oranı) literatür taramalarındaki süreler baz alınarak kurutulmuştur.
50 gram taze defne yaprağı farklı zaman aralıklarında tartılarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.5.4. Gölgede Kurutma

Güneş ışınlarından korunması için hava geçişini engelleyecek şekilde üzeri kapatılan örnekler açık alanda literatür taramalarındaki süreler baz alınarak kurutulmuştur. Kurutma çalışmaları 3 kere tekrar edilmiş olup gölgede kurutma işlemi 3 gün sürmüştür.

3.5.5. Vakumda Kurutma

20 gram taze defne yaprağını 5, 15, 30, 60 ve 180 dakika boyunca 40, 55, 70 ve 80 °C sıcaklıkta vakum altında kurutulmuştur (0.06 bar). Kurutmadan önce ve sonra her numunenin ağırlığı tartılmıştır. Çalışmada kullanılan vakum cihazı Şekil 3.6'de gösterilmiştir.



. **Şekil 3.6**: Vakum cihazı.

3.6. ANTİOKSİDAN AKTİVİTE TAYİN YÖNTEMLERİ

3.6.1. DPPH Yöntemi

Reaksiyon prensibi, alkol solüsyonunda çözünmüş hidrojen veren bir antioksidan ajan varlığında DPPH serbest radikal solüsyonlarının indirgenmesine bağlıdır.

Kurutulmuş Soxhlet ekstraksiyonu örnekleri 1 mg/ml derişime sahip olacak şekilde kendi çözücülerinde çözülerek stok çözeltiler elde edilmiştir. 1 mM derişimdeki DPPH çözeltisi, methanol içinde 0,03942 g DPPH'ın çözünmesi ve hacmin 100 ml'ye tamamlanmasıyla hazırlanmıştır. Standart olarak kullanılan BHA, BHT ve C vitamini stok çözeltileri de 1 mg/ml

olacak şekilde etanolle 100 ml hacimde hazırlanmıştır. Örnek ve standart çözeltileri 25, 50, 75, ve 100 µg/ml derişimlerine seyreltilmiştir. Cam tüplere 3'er ml DPPH çözeltisi alınıp üzerlerine her bir çözeltiden 1,5 ml eklenmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 30 dk beklendikten sonra 517 nm'de ölçülen absorbanslar metanole karşılık okunmuştur.

% DPPH süpürme gücü hesaplamak için: 3 ml DPPH çözeltisi + 1,5 ml methanol ile hazırlanan çözelti ise antioksidansız baz çözelti olarak kullanılmış ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Şekil 3.7'de çalışmada kullanılan spektrofotometre cihazı görünmektedir.

$$\%\text{Antioksidan Aktivite} = \frac{\text{Kör örneğin absorbansı} - \text{Örneğin absorbansı}}{\text{Kör örneğin absorbansı}} \times 100$$



Şekil 3.7: Spektrofotometre.

3.6.2. CUPRAC Yöntemi

Apak ve arkadaşları tarafından literatüre kazandırılan Bakırlı İndirgen Antioksidan Kapasite yöntemi ucuz, kararlı ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. (Apak vd., 2004).

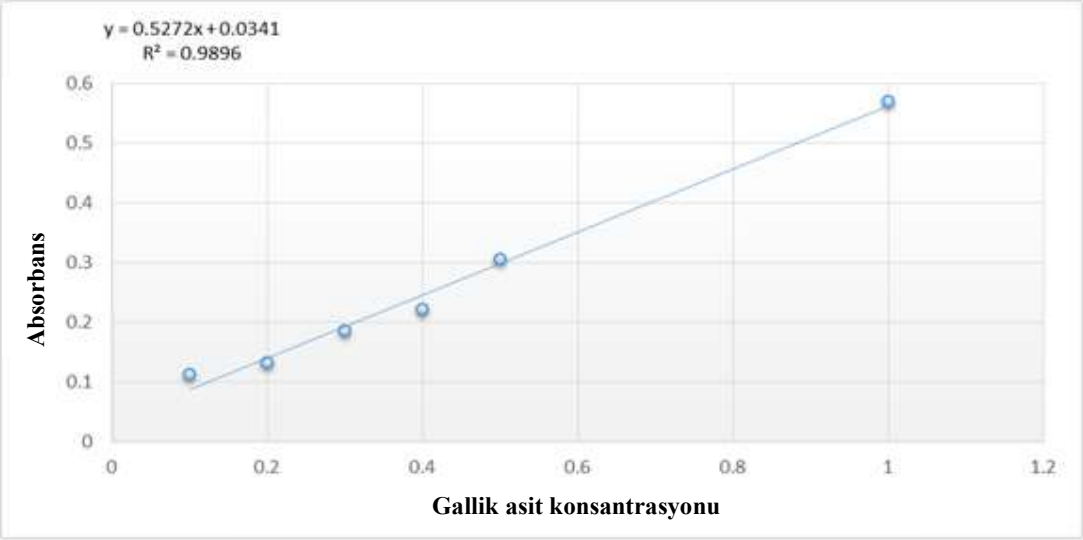
CUPRAC antioksidan ölçüm yöntemi, zincirin redoks reaksiyonu sonucu oluşan Cu(I)-neocuproin (Nc) şelatının absorbans ölçümüne dayanmaktadır. CUPRAC reaktifi, Cu(II)-Nc ile antioksidanların kırılması, burada absorbans, 450 nm'lik maksimum ışık absorpsiyon dalga boyunda kaydedilir; dolayısıyla bu elektron transferine (ET) dayalı bir yöntemdir.

DPPH inhibisyon ölçümünde kullanılan seyreltik örnek ve standart madde çözeltileri kullanılmıştır. Reaktanların şu şekildedir hazırlanmıştır: 10 mM $CuCl_2$ çözeltisi 0,17048 g $CuCl_2$•$2H_2O$ suyla 100 ml'ye, 1M amonyum asetat (NH_4AC) çözeltisi 7,708 g amonyum asetat suyla 100 ml'ye, 7,5 mM neokuproin çözeltisi 0,156 g neokuproin %96'lık etanolle 100 ml'ye tamamlanmıştır. Sırasıyla 1'er ml $CuCl_2$, neokuproin, NH_4Ac ve örnek/standart madde cam tüplere eklendikten sonra hacimler saf su ile 4,1 ml'ye tamamlanmıştır. Karışımlar çalkalandıktan sonra 30 dk boyunca oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiş ve 450 nm'de absorbanslar saf suya karşı ölçülmüştür.

3.6.3. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Gallik asit denklik yöntemi (GAE) olarak da adlandırılan Folin-Ciocalteu kolorimetrik tahlil (FC), bitki ekstraktındaki toplam fenolik içeriği değerlendirmek için en yaygın kullanılan yöntemdir (Shahidiet vd., 2015). Fosfomolibdat ve fosfotungstattan oluşan Folin-Ciocalteu reaktifi. Fenolik bileşikler, FC ile yalnızca temel koşullar altında reaksiyona girerek spektrofotometrik olarak ölçülebilen mavi kompleksler oluşturur (Magalhãeset vd., 2008). Soxhlet ürünlerinin toplam fenolik madde içerikleri Folin-Ciocalteu yöntemiyle hesaplanmıştır. Standart madde olarak gallik asit kullanılmıştır. Gallik asit çözeltileri saf suyla 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 ve 1 µg/ml derişimlerde, örnekler ise 25, 50, 75, ve 100 µg/ml derişimlerde hazırlanmıştır. Kütlece %2'lik Na_2CO_3 çözeltisi kullanılmıştır. Folin reaktifi 10 ml saf suyu ile 0,005 gr Folin-Ciocalteu çözelti elde edilmiştir. Cam tüplere örneklerden alınan 3 ml üzerine 1 ml (%2'lik Na_2CO_3) eklenmiştir, 5 dk beklendikten sonra tüplere 1 ml seyreltik %50 Folin reaktifi eklenmiştir ve 2 saat oda sıcaklığındaki karanlık ortamda bekletilmiştir. Absorbanslar 650 nm'de saf suya karşı okunmuştur. Örneklerin toplam fenolik madde içeriği gallik asit eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. kullanılan kalibrasyon eğrisi, (0.1-1 mg/ml) konsantrasyon aralığında

sulu gallik asit standart solüsyonu kullanılarak hazırlandı. Veriler, standart eğri kullanılarak her bir özütün her mililitresi için Gallik asit (mg) eşdeğeri olarak ifade edildi. Gallik asit eğrisi Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8: Toplam fenolik madde içeriği için çizilen gallik asit eğrisi.

Burada: "y", 650 nm'deki absorbanstır ve "x": Gallik asit eşdeğeri olarak mg/ml olarak ifade edilen her bir ekstrakttaki toplam fenolik içeriktir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, İstanbul - Avcılar bölgesinde yetişen defne bitkisi yaprakları kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan defne bitkisi 2021 yılının kasım ayında ve 2022 yılının haziran ayında toplanmıştır. Toplanan defne yapraklarına güneşte, gölgede, mikrodalgada ve etüvde kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutmadan önce defne yaprakları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Kurutmadan önce defne yaprakları

4.1. DEFNE YAPRAKLARI BAŞLANGIÇ NEM İÇERİĞİNİN TAYİNİ

Yaprak örrneklerinin başlangıç nem içeriklerinin belirlenmesi için 50 g defne yaprağı 105 °C sıcaklıktaki bir etüvde 24 saat bırakılmıştır. Deneyler dört tekrarlı uygulanmıştır. Kurutulan yaprak örneklerinin kasım ayındaki başlangıç nem içeriği % 53,88 haziranda ayında ise % 61,76 olarak bulunmuştur. Etüv, mikrodalga, güneş altında ve vakumda kurutulmuş yapraklar Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



a: Etüvde kurutulmuş yapraklar



b: Mikrodalgada kurutulmuş yapraklar



c: Güneş altında kurutulmuş yapraklar



d: Vakumda kurutulmuş yapraklar

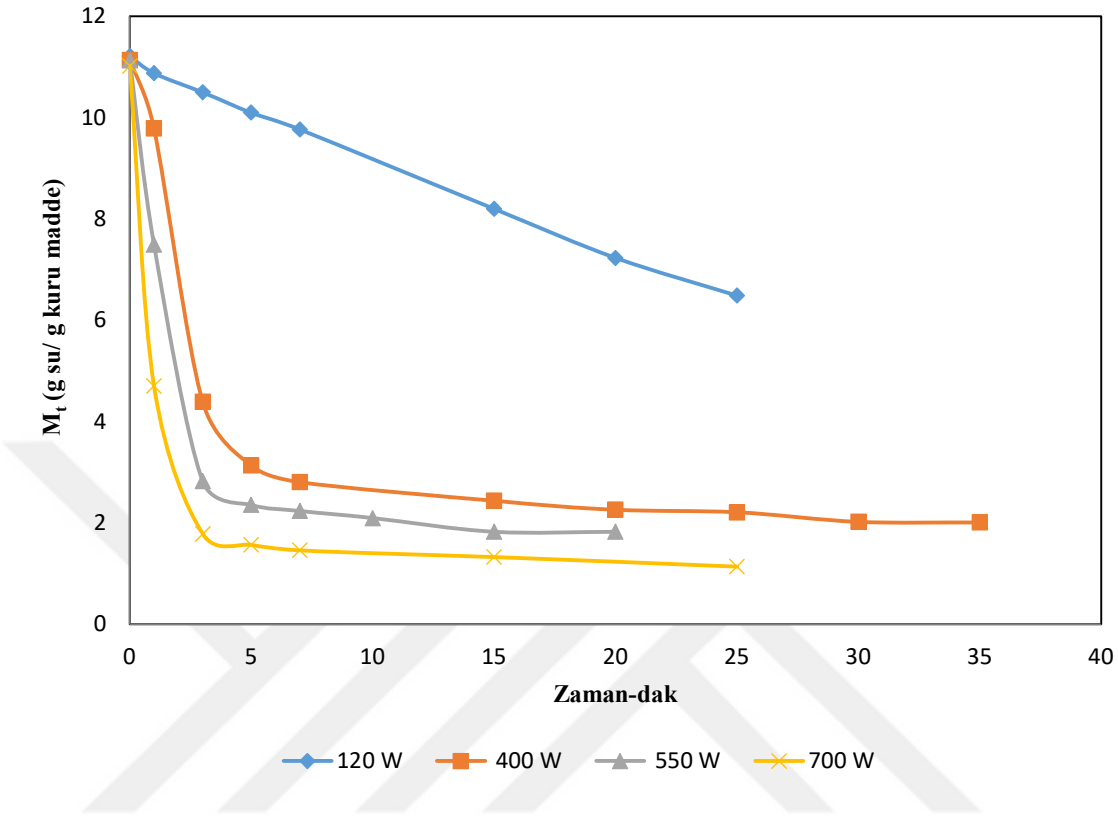
Şeki 4.2: Deneylerde kurutulmuş yapraklar.

4.2. KURUTMA VERİLERİ

4.2.1. Mikrodalgada Kurutma Verileri

Tablo 4.1: Mikrodalgada kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri.

	Zaman/ Dakika	% Nem	M_t	M_t(dB)	MR=M_t/M_0
120 watt	0	0	11,2092	116,8256	1
	1	1,6174	10,8727	113,3185	0,9699
	3	3,4209	10,4975	109,4081	0,9365
	5	5,3657	10,0929	105,1912	0,9004
	7	6,9481	9,7636	101,7602	0,8710
	15	14,4803	8,1966	85,4284	0,7312
	20	19,1357	7,2281	75,3344	0,6448
	25	22,7134	6,4838	67,5771	0,5784
400 watt	0	0	11,1324	106,0817	1
	1	6,5353	9,7821	93,2146	0,8787
	3	32,6331	4,3899	41,8318	0,3943
	5	38,7169	3,1329	29,8538	0,2814
	7	40,3141	2,8029	26,7092	0,2517
	15	42,1048	2,4329	23,1834	0,2185
	20	42,9644	2,2553	21,4910	0,2025
	25	43,1987	2,2069	21,0298	0,1982
	30	44,1134	2,0179	19,2288	0,1812
	35	44,1662	2,0070	19,1250	0,1802
550 watt	0	0	11,1281	105,9995	1
	1	17,6110	7,4908	71,3528	0,6731
	3	40,2207	2,8211	26,8721	0,2535
	5	42,4775	2,3550	22,4323	0,2116
	7	43,0692	2,2328	21,2683	0,2006
	10	43,7456	2,0931	19,9376	0,1880
	15	45,0529	1,8231	17,3658	0,1638
	20	45,0596	1,8217	17,3524	0,1637
700 watt	0	0	11,0184	103,9210	1
	1	30,9095	4,6974	44,3042	0,4263
	3	45,1540	1,7844	16,8302	0,1619
	5	46,2347	1,5634	14,7458	0,1418
	7	46,7677	1,4544	13,7177	0,1320
	15	47,4083	1,3234	12,4822	0,1201
	25	48,3276	1,1354	10,7091	0,1030



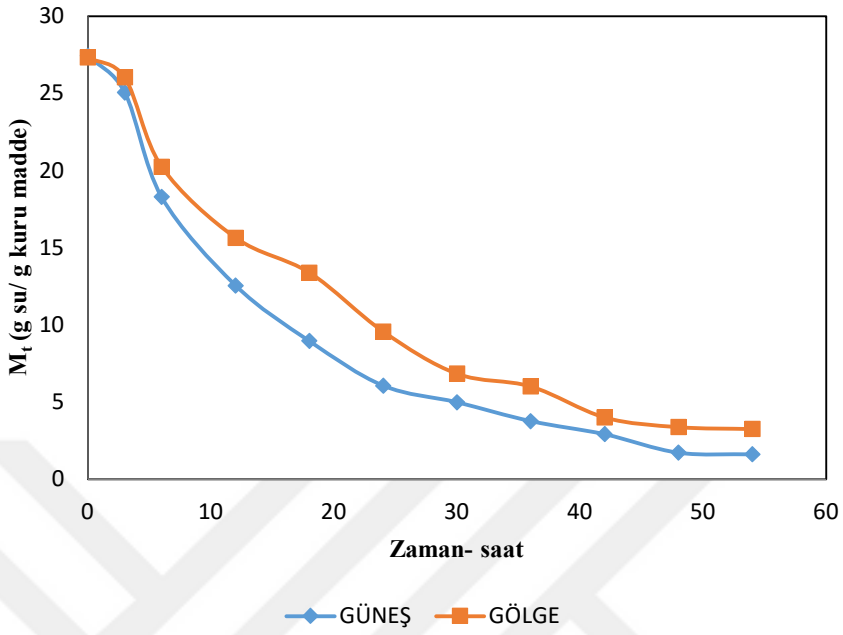
Şekil 4.3: Mikrodalgada kurutulan defne yapraklarının örneklerinin nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi).

Şekil 4.3'ten görüldüğü gibi, watt ve kurutma süresi arttıkça uzaklaştıran nem yüzdesinin arttı ayrıca tüm watt'larda 10 dakika sonra su yüzdesinin yaklaşık % 40 civarında sabitllenmiştir.

4.2.2. Güneş Altında ve Gölgede Kurutma Verileri

Tablo 4.2: Kasım ayında güneş ve gölgede kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri.

	Zaman/ Saat	% Nem	M_t	M_t(dB)	MR=M_t/M_0
GÜNEŞ	**0**	**0**	27,4357	116,8256	1
	3	4,6543	25,0657	106,7338	0,9136
	6	17,9693	18,2857	77,8634	0,6664
	12	29,2223	12,5557	53,4642	0,4576
	18	36,2922	8,9556	38,1348	0,3264
	24	41,9677	6,0656	25,8287	0,2210
	30	44,0691	4,9956	21,2724	0,1820
	36	46,4846	3,7656	16,0349	0,1372
	42	48,1539	2,9156	12,4155	0,1062
	48	50,4909	1,7256	7,3482	0,0628
	54	50,6873	1,6256	6,9224	0,0592
GÖLGE	**0**	**0**	27,3225	116,8256	1
	3	2,5635	26,0225	111,2671	0,9524
	6	13,9420	20,2525	86,5957	0,7412
	12	23,0132	15,6525	66,9271	0,57288
	18	27,4896	13,3825	57,2210	0,4897
	24	35,0029	9,5725	40,9302	0,3503
	30	40,4062	6,8325	29,2145	0,2501
	36	42,0232	6,0125	25,7084	0,2201
	42	45,9672	4,0125	17,1568	0,1468
	48	47,2096	3,3825	14,4630	0,1238
	54	47,4462	3,2625	13,9499	0,1194

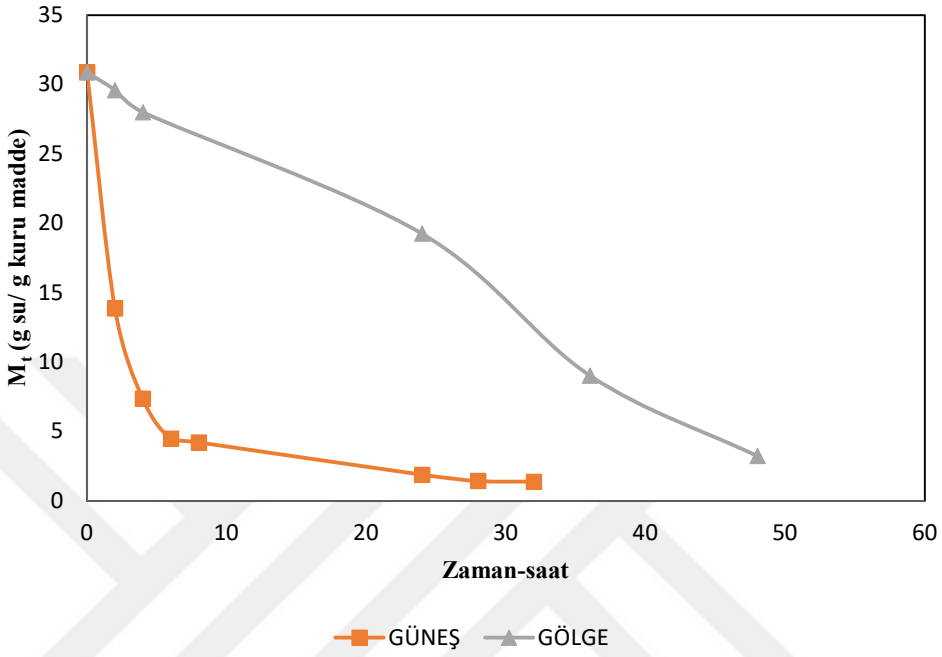


Şekil 4.4: Kasım ayında güneşte ve gölgede kurutulan defne yapraklarının nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi).

Şekil 4.4'ten görüldüğü gibi, güneş ve gölgede kurutma yöntemleriyle, zaman arttıkça uzaklaştıran nem yüzdesi artmaktadır. Güneşte kurutmada gölge yöntemine göre uzaklaştıran nem yüzdesinde biraz artış göstermektedir.

Tablo 4.3: Haziran ayında güneş ve gölgede kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri.

	Zaman/ Saat	% Nem	M_t	M_t(dB)	MR=M_t/M_0
GÜNEŞ	**0**	0	30,88	161,5063	1
	2	34,02	13,87	72,5418	0,4491
	4	47,06	7,35	38,4414	0,2380
	6	52,82	4,47	23,3786	0,1447
	8	53,34	4,21	22,0188	0,1363
	24	58	1,88	9,8326	0,0608
	28	58,9	1,43	7,4790	0,0463
	32	59,02	1,37	7,1652	0,0443
GÖLGE	0	0	30,88	161,5063	1
	2	2,56	29,6	154,8117	0,9585
	4	5,76	28	146,4435	0,9067
	24	23,26	19,25	100,6799	0,6233
	36	43,7	9,03	47,2281	0,2924
	48	55,3	3,23	16,8933	0,1045



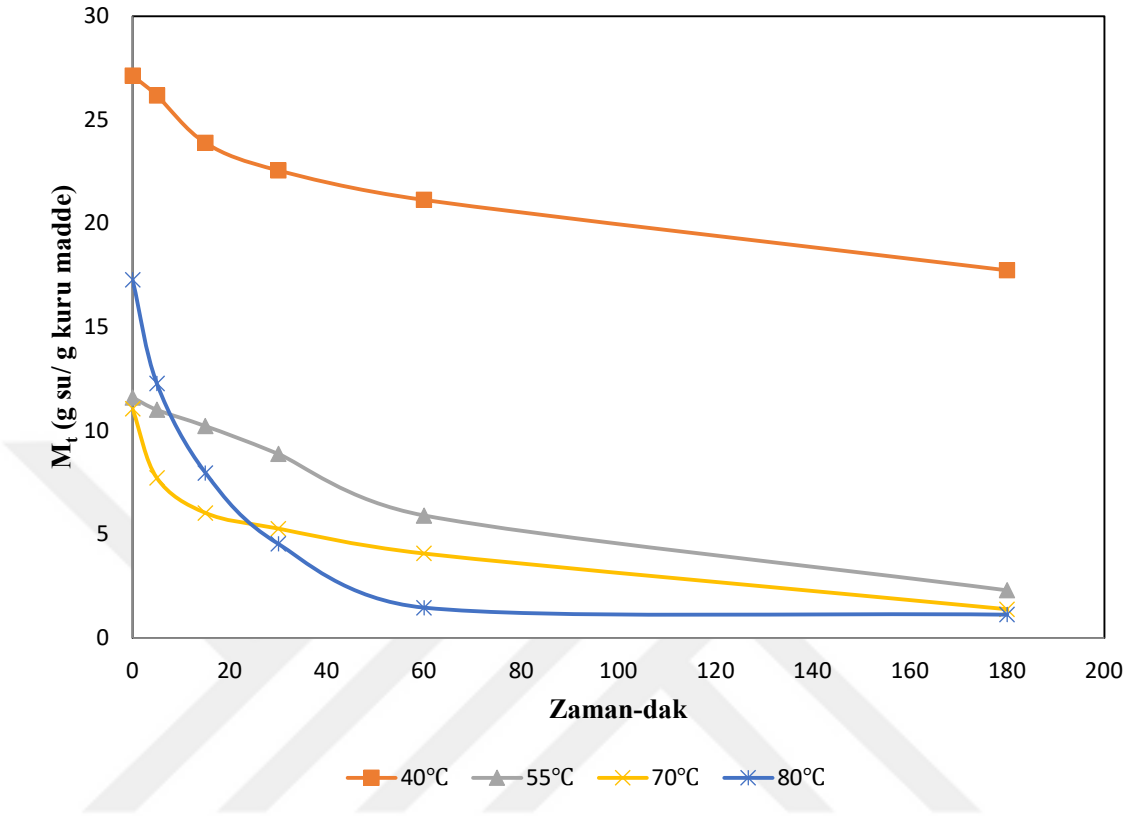
Şekil 4.5: Haziran ayında güneşte ve gölgede kurutulan defne yapraklarının nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi).

Şekil 4.5'ten görüldüğü gibi, güneş ve gölgede kurutma yöntemleriyle, zaman arttıkça uzaklaştıran nem yüzdesinin artmaktadır. Güneşte kurutma gölge yöntemine göre kısa zaman sürmüş ve defne yaprakları güneşte yaklaşık 24 saatta tamamen kurumuştur.

4.2.3. Vakumda Kurutma Verileri

Tablo 4.4: Vakumda kurutma zamana göre % Nem, Mt, Mt(dB) ve MR değerleri.

	Zaman/ Dakika	% Nem	M_t	M_t(dB)	MR=M_t/M_0
40 ° C	**0**	**0**	27,1321	116,8256	1
	5	1,9167	26,1668	112,6696	0,9644
	15	6,4427	23,8877	102,8562	0,8804
	30	9,0837	22,5578	97,1299	0,8314
	60	11,9026	21,1383	91,0178	0,7791
	180	18,6451	17,7431	76,3983	0,6539
55 ° C	0	0	11,6054	116,8256	1
	5	2,7823	11,0061	110,7928	0,9483
	15	6,3809	10,2310	102,9903	0,8815
	30	12,6438	8,8820	89,4106	0,7653
	60	26,4399	5,9104	59,4971	0,5092
	180	43,1623	2,3085	23,2387	0,1989
	1080	49,9011	0,8570	8,6272	0,0738
70 ° C	0	0	11,0497	116,8256	1
	5	16,1903	7,7294	81,7210	0,6995
	15	24,4514	6,0352	63,8086	0,5461
	30	28,1383	5,2791	55,8146	0,47776
	60	33,9575	4,0857	43,1971	0,3697
	180	47,0938	1,3917	14,7141	0,1259
80 ° C	0	0	17,2830	116,8256	1
	5	15,5891	12,2825	83,0246	0,7106
	15	29,0538	7,9634	53,8294	0,4607
	30	39,6960	4,5497	30,7544	0,2632
	60	49,2945	1,4708	9,9425	0,0851
	180	50,3626	1,1282	7,6267	0,0652



Şekil 4.6: Vakumda kurutulan defne yapraklarının nem oranının zaman ile değişimi (kuruma eğrisi).

Şekil 4.6'den görüldüğü gibi, vakumlu kurutma yöntemiyle sıcaklık arttıkça uzaklaştıran nem yüzdesinin artmaktadır. 80 ℃ sıcaklıktaki ve 60 dakikada en iyi sonuç alınmıştır.

4.3. KURUTMA KİNETİĞİ SONUÇLARI

Kurutma kinetiği incelenirken literatürde verilen Page, Modifiye Page I, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Midilli gibi matematiksel modellerden yararlanılarak en iyi kurutma modelini belirlemek için SSE, R^2 ve RMSE değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'5te görünmektedir. Kurutma işlemlerinde kullanılan 13 matematiksel modeller Tablo 2.6'da özetlenmiştir. Bu modeller Excel de solver, programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.5: Kullanılan modellere ait istatistiksel analiz sonuçları.

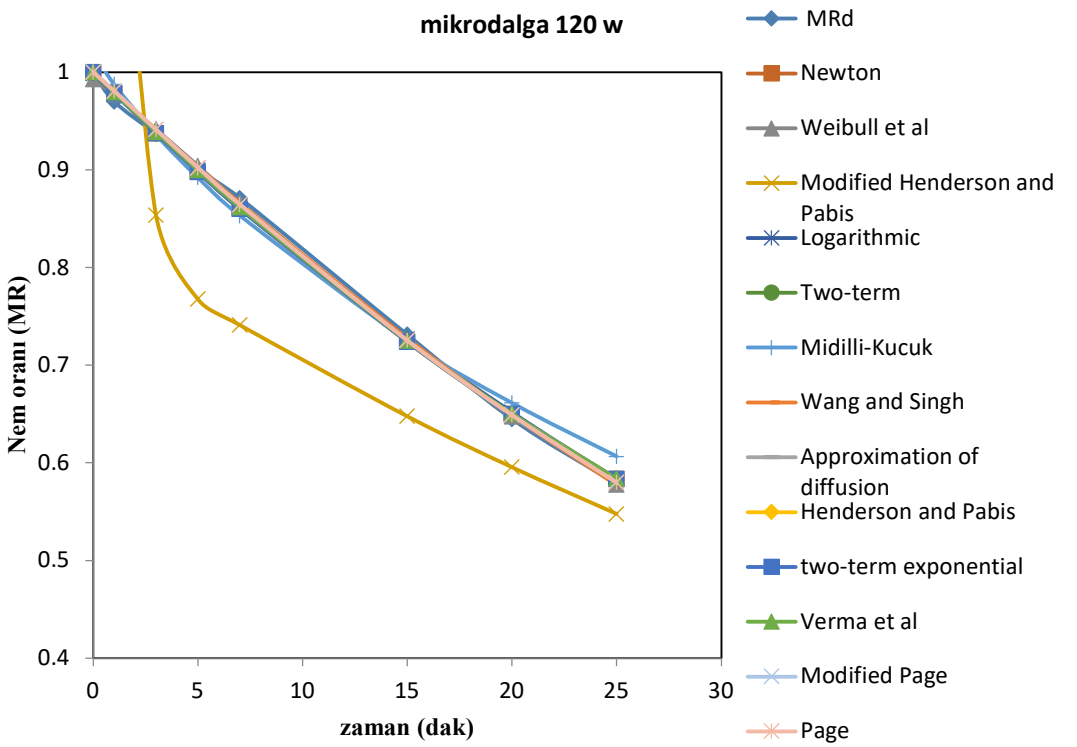
Model	Mikrodalga				Güneş		Gölge		Vakum			
	120w	400w	550w	700w	Kasım	Hazıran	Kasım	Hazıran	40°C	55°C	70°C	80°C
Newton												
SSE	0,0003	0,1964	0,1004	0,0594	0,0102	0,0163	0,0092	0,0387	0,0210	1	0,0881	0,0118
R^2	0,9982	0,9145	0,9372	0,9757	0,9915	0,9910	0,9917	0,9515	0,8795	0,2021	0,9136	0,9929
RMSE	0,0066	0,1477	0,1198	0,0995	0,0320	0,0482	0,0303	0,0880	0,0649	0,4472	0,1327	0,0487
Weibull et al												
SSE	0,0002	0,0060	0,0015	0,0006	0,0069	0,0011	0,0080	0,0052	0,0005	0,0022	-	0,0011
R^2	0,9988	0,9927	0,9976	0,9990	0,9939	0,9984	0,9924	0,9926	0,9929	0,9954	-	0,9982
RMSE	0,0054	0,0259	0,0150	0,0101	0,0264	0,0128	0,0283	0,0322	0,0106	0,0210		0,0154
Page												
SSE	0,0002	0,0966	0,0414	0,0142	0,0101	0,0072	-	-	-	-	-	-
R^2	0,9987	0,8849	0,9393	0,9785	0,9916	0,9921	-	-	-	-	-	-
RMSE	0,0058	0,1036	0,0769	0,0487	0,0319	0,0320	-	-	-	-	-	-
Modified Henderson and Pabis												
SSE	0,1386	0,1963	0,0974	0,0585	0,0098	0,0026	0,0085	0,0369	0,0103	0,0036	0,00004	0,0099
R^2	0,7205	0,9117	0,9216	0,9702	0,9920	0,9964	0,3992	0,9497	0,8717	0,9926	0,9999	0,9905
RMSE	0,1407	0,1477	0,0118	0,0988	0,0317	0,0194	0,0293	0,0859	0,0454	0,0269	0,0029	0,0446
Logarithmic												
SSE	0,0002	0,0197	0,0055	0,0006	0,0075	0,0026	0,0083	0,0069	0,0013	0,0001	-	0,0033
R^2	0,9987	0,9761	0,9917	0,9989	0,9935	0,9964	0,4593	0,9902	0,9833	0,2024	-	0,9951
RMSE	0,0057	0,0468	0,0281	0,0107	0,0273	0,0194	0,0288	0,0372	0,0163	0,0003	-	0,0258

Two-term												
SSE	0,0003	0,1963	0,0974	0,0585	0,0098	0,0160	0,0085	0,0369	0,0103	0,0035	0,0541	0,0099
R^2	0,9982	0,9117	0,9216	0,9702	0,9920	0,9899	0,3992	0,9497	0,8717	0,9925	0,8893	0,9905
RMSE	0,0066	0,1477	0,1180	0,0988	0,0313	0,0478	0,0293	0,0859	0,0454	0,0268	0,1041	0,0446
Midilli-Kucuk												
SSE	0,0022	0,0360	0,0138	0,0051	0,0301	0,0019	-	-	-	-	-	-
R^2	0,9889	0,9579	0,9796	0,9922	0,9767	0,9974	-	-	-	-	-	-
RMSE	0,0181	0,0632	0,0444	0,0292	0,0549	0,0164	-	-	-	-	-	-
Wang and Singh												
SSE	0,0003	0,3830	0,2249	0,5178	0,0306	0,3282	0,0106	0,0055	0,0036	0,0014	0,1196	0,1048
R^2	0,9991	0,7142	0,7894	0,6074	0,9761	0,7507	0,9900	0,9923	0,9662	0,9972	0,8591	0,9195
RMSE	0,0052	0,2062	0,1792	0,2937	0,0553	0,2165	0,0326	0,0334	0,0268	0,0169	0,1547	0,1448
Approximation of diffusion												
SSE	0,0003	0,1964	0,1004	0,0594	0,0102	0,0163	0,0092	0,0387	0,0210	2,5484	0,0881	0,0018
R^2	0,9982	0,9145	0,9372	0,9757	0,9915	0,9910	0,9917	0,9515	0,8795	0,2049	0,9136	0,9929
RMSE	0,0066	0,1477	0,1198	0,0995	0,0320	0,0482	0,0303	0,0880	0,0649	0,7139	0,1327	0,0487
Henderson and Pabis												
SSE	0,0003	0,1963	0,0974	0,0585	0,0098	0,0160	0,0085	0,0369	0,0103	1028,4	0,0541	0,0099
R^2	0,9982	0,9117	0,9216	0,9702	0,9920	0,9899	0,9919	0,9497	0,8717	0,7810	0,8893	0,9905
RMSE	0,0066	0,1477	0,1180	0,0988	0,7073	0,0478	0,0293	0,0859	0,0454	14,3417	0,1041	0,0446
two-term exponential												
SSE	0,0003	0,1964	0,0125	0,0594	0,0035	0,0163	0,0092	0,0387	0,0210	0,0036	0,8810	0,0118
R^2	0,9982	0,9145	0,9372	0,9757	0,4055	0,9910	0,9917	0,9515	0,8795	0,9925	0,9136	0,9929
RMSE	0,0066	0,1477	0,0423	0,0995	0,0187	0,0482	0,0303	0,0880	0,0649	0,0269	0,1327	0,0487
Verma et al												
SSE	0,0002	0,0229	0,0058	0,00007	0,0092	0,0003	0,0079	0,0057	0,0001	0,0036	0,00004	0,0043
R^2	0,9984	0,9753	0,9916	0,9998	0,9928	0,9994	0,9926	0,9921	0,9977	0,9927	0,9999	0,9966
RMSE	0,0063	0,0504	0,0288	0,0034	0,0304	0,0073	0,0282	0,0337	0,0062	0,0268	0,0029	0,0295
Modified Page												
SSE	0,0002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R^2	0,9987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RMSE	0.0058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

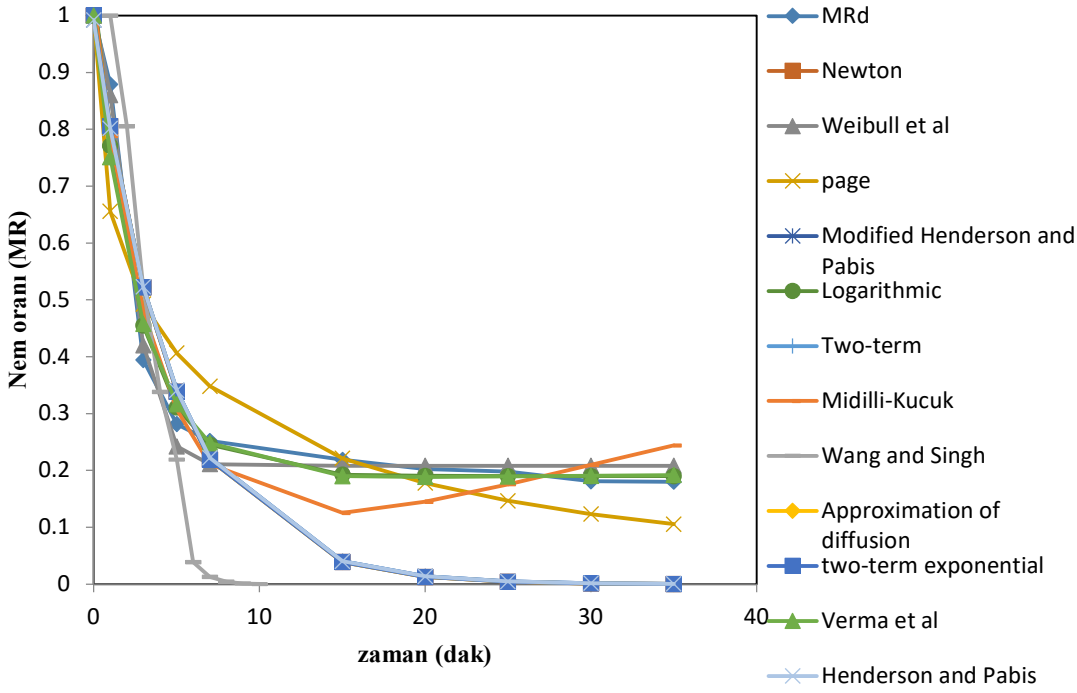
tablo 4.6: Kullanılan modellere ait sabitler.

Model	Mikrodalga				Güneş		Gölge		Vakum			
	120w	400w	550w	700w	Kasım	Hazıran	Kasım	Hazıran	40°C	55°C	70°C	80°C
Newton												
K	0,0215	0,2167	0,3293	0,6890	0,0597	0,3508	0,0432	0,0308	0,0029	53687092	0,0249	0,0497
Weibull et al												
a	0,1398	0,2085	0,1831	0,1202	0,0581	0,0523	0,0508	-1,2226	0,5838	0,0825	1,1987	0,0516
b	-0,8528	-0,8012	-0,8173	-0,8798	-0,9613	-0,9482	-0,9639	-2,1974	-0,4205	-0,9207	1,1987	-0,9444
k	0,0180	0,2063	0,5145	1,0592	0,0578	0,5022	0,0403	0,0022	0,0460	0,0088	0,0059	0,0875
n	1,1207	1,6970	1,3898	0,9169	1,0747	0,8231	1,0641	1,3998	0,7026	1,0666	-0,6	0,8444
Page												
k	0,0193	0,4224	0,5845	0,9948	0,0623	0,5806	-0,3898	-0,6	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059
n	1,0363	0,4700	0,4860	0,3469	0,9853	0,6005	-0,6	-0,3597	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Modified Henderson and Pabis												
a	0,1587	0,3307	0,3157	0,3230	0,3384	0,4660	0,3392	0,3425	0,3142	0,3342	0,2829	0,3205
k	0,9131	0,2135	0,3018	0,6561	0,0608	0,4180	0,0441	0,0318	0,0023	0,0098	0,0085	0,0469
b	0,1004	0,3307	0,3157	0,3230	0,3384	0,4660	0,3392	0,3425	0,3142	0,3342	0,3830	0,3205
g	0,9306	0,2135	0,3018	0,6561	0,0608	0,4180	0,0441	0,0318	0,0023	0,0098	0,2532	0,0469
c	0,8329	0,3307	0,3157	0,3230	0,3384	0,0624	0,3392	0,3425	0,3142	0,3342	0,3341	0,3205
h	-0,0167	0,2135	0,3018	0,6561	0,0608	1	0,0441	0,0318	0,0023	0,0098	0,0088	0,0469
Logarithmic												
a	1,1324	0,8600	0,8454	0,8763	0,9887	0,9320	0,9995	27,2483	0,3399	1	0,2682	0,9074
k	0,0182	0,3928	0,6063	1,0554	0,0687	0,4180	0,0467	0,0006	0,0192	1,4433	1	0,0564
c	-0,1339	0,1903	0,1694	0,1231	0,0409	0,0624	0,0237	-26,2472	0,6496	-0,0006	0,2682	0,0677
Two-term												
a	0,5001	0,4960	0,4736	0,4846	0,5077	0,4914	0,5089	0,5138	0,4713	0,5023	0,4257	0,4808
k_0	0,0215	0,2135	0,3018	0,6561	0,0608	0,3448	0,0441	0,0318	0,0023	0,0088	0,0173	0,0469
b	0,5001	0,4960	0,4736	0,4846	0,5077	0,4914	0,5089	0,5138	0,4713	0,5023	0,4257	0,4808
k_1	0,0215	0,2135	0,3018	0,6561	0,0608	0,3448	0,0441	0,0318	0,0023	0,0107	0,0173	0,0469

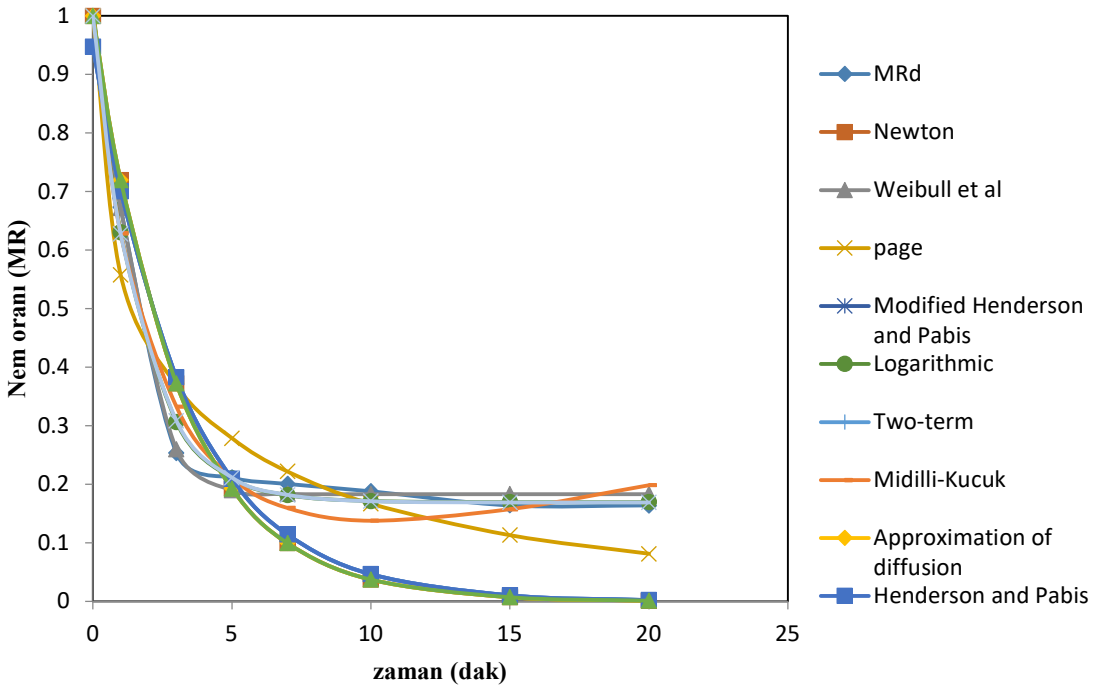
Midilli-Kucuk												
a	1,0220	1,0313	1,0094	0,9840	1,0659	1,0027	1,2918	1,6817	1,1768	1,1763	1,1302	1,1329
k	0,0355	0,2772	0,4891	0,8415	0,1435	0,5122	0,0912	-0,5355	0,1158	0,1182	0,3485	0,3351
n	0,8637	0,9748	0,8185	0,5794	0,6667	0,7129	-0,0447	-0,3031	-0,4231	-0,4192	-0,0485	-0,0701
b	0,0012	0,0069	0,0097	0,0048	-0,0015	0,0015	0,0062	0,0045	0,0055	0,0028	0,0018	0,0009
Wang and Singh												
a	-0,0200	-0,0886	-0,1598	-0,1606	-0,0443	-0,1387	-0,0358	-0,0162	-0,0053	-0,0095	-0,0170	-0,0242
b	0,0001	0,0020	0,0062	0,0051	0,0005	0,0036	0,0003	-0,0005	0,0001	0,0002	0,0006	0,0001
Approximation of diffusion												
a	0,9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
k	0,0215	0,2167	0,3293	0,6890	0,0597	0,3508	0,0432	0,0308	0,0029	1	0,0249	0,0497
b	1,0000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Henderson and Pabis												
a	1,0003	0,9921	0,9473	0,9692	1,0154	0,9828	1,0178	1,0276	0,9427	17,261	0,8514	0,9617
k	0,0215	0,2135	0,3018	0,6561	0,0608	0,3448	0,0441	0,0318	0,0023	-0,0130	0,0173	0,0469
two-term exponential												
a	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1	1	1	1	1	1	1	1
k	0,0215	0,2167	0,3293	0,6890	1	0,3508	0,0432	0,0308	0,0029	0,0098	0,0249	0,0497
Verma et al												
a	1,0033	0,1825	0,1686	0,1428	1,0375	0,1482	1,0368	1,5809	0,8392	1,0049	0,6173	0,8596
k	0,0216	-0,0014	-9,2850	0,0124	0,0624	0,0383	0,0451	0,0055	0,0013	0,0099	0,0086	0,0402
g	0,2829	0,3637	0,5943	1,1070	3,3041	0,5078	2,2761	-0,0136	0,0597	0,9999	0,2539	0,5506
Modified Page												
k	0,0193	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
n	1,0363											


mikrodalga 120 w
Nem oranı (MR)
zaman (dak)
MRd
Newton
Weibull et al
Modified Henderson and Pabis
Logarithmic
Two-term
Midilli-Kucuk
Wang and Singh
Approximation of diffusion
Henderson and Pabis
two-term exponential
Verma et al
Modified Page
Page

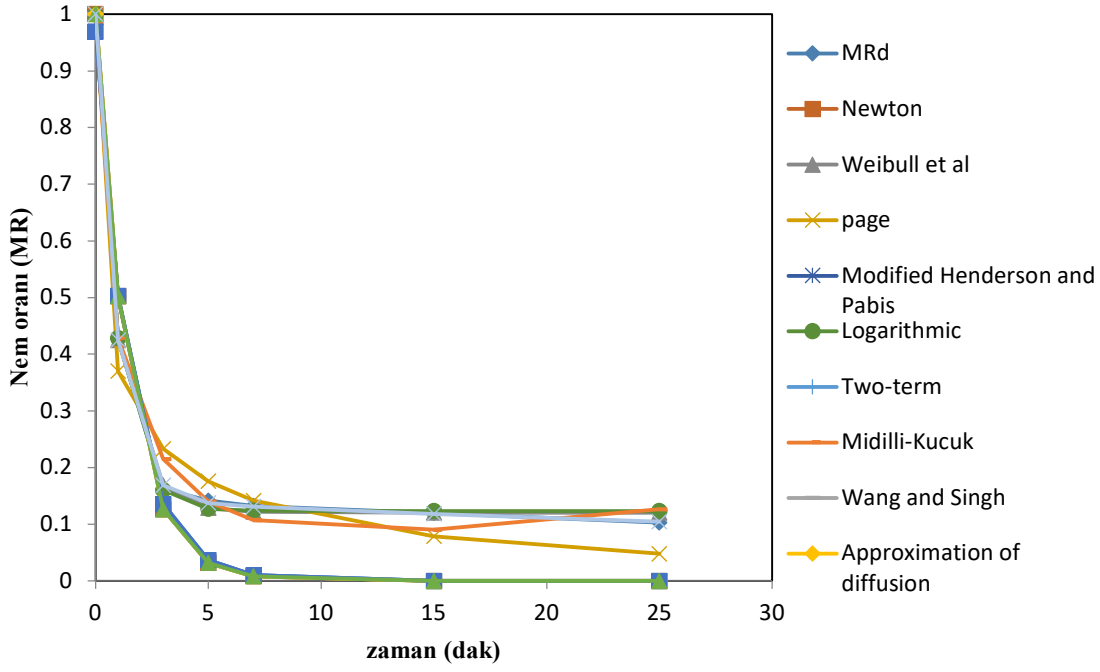
a


Nem oranı (MR)
zaman (dak)
MRd
Newton
Weibull et al
page
Modified Henderson and Pabis
Logarithmic
Two-term
Midilli-Kucuk
Wang and Singh
Approximation of diffusion
two-term exponential
Verma et al
Henderson and Pabis

b

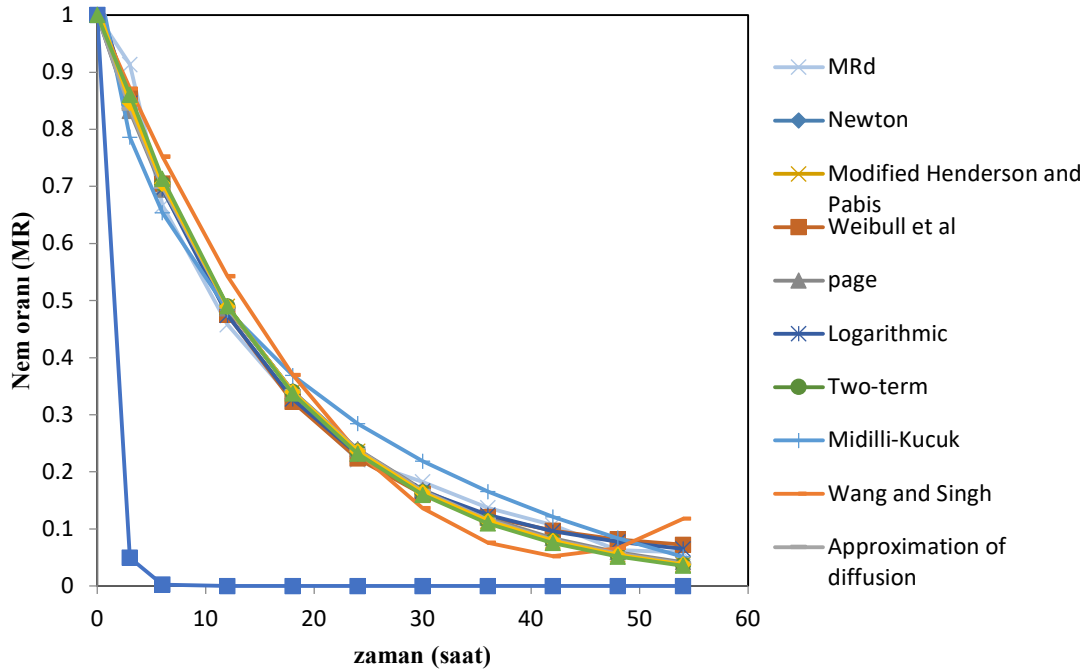


c

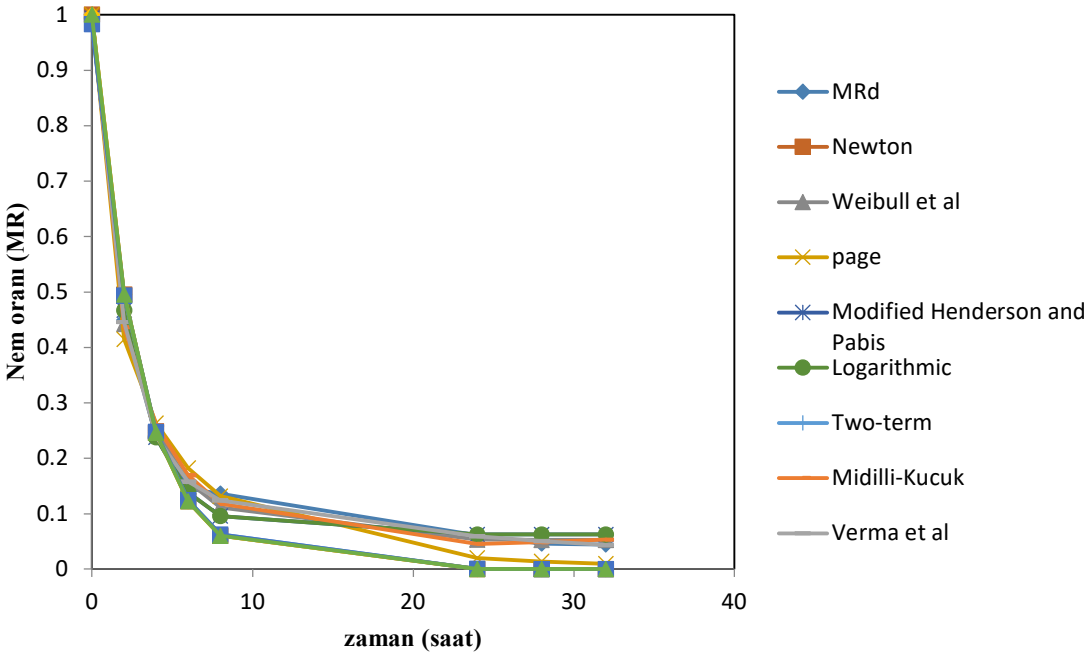


d

Şeki 4.7: Farklı mikrodalga çıkış gücündeki (a= 120, b= 400, c= 550 ve d= 700 W) elde edilen deneysel nem oranı verileri ile modellerin kıyaslanması.

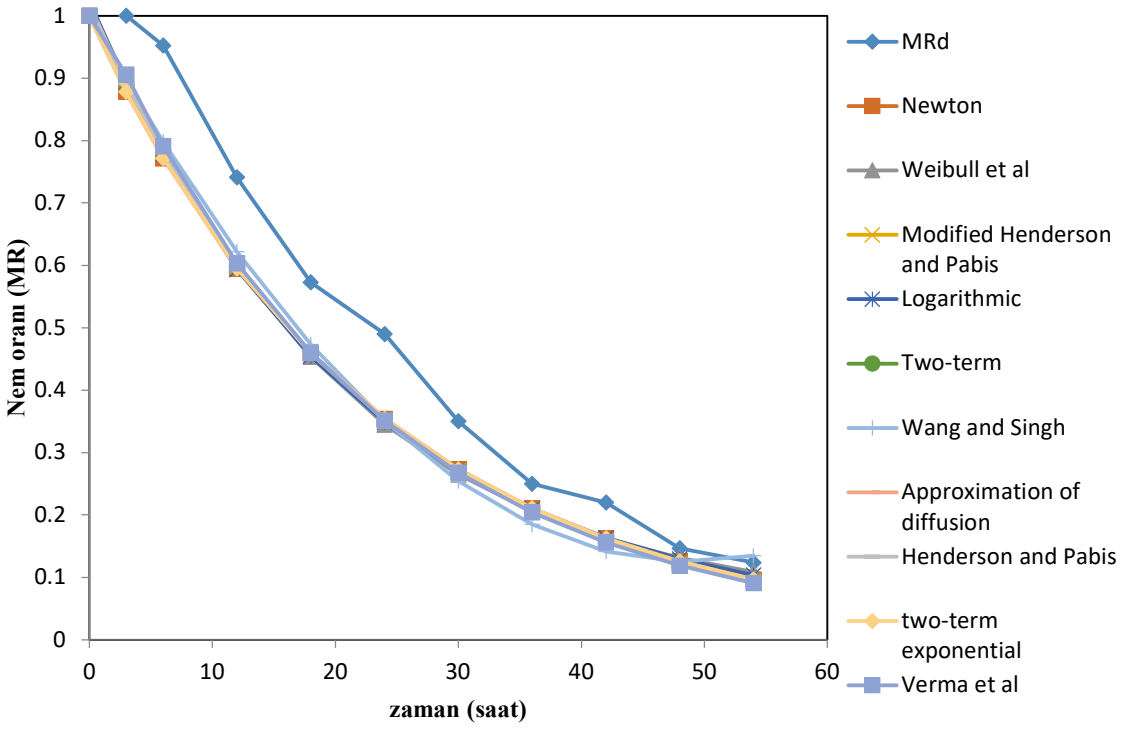


a

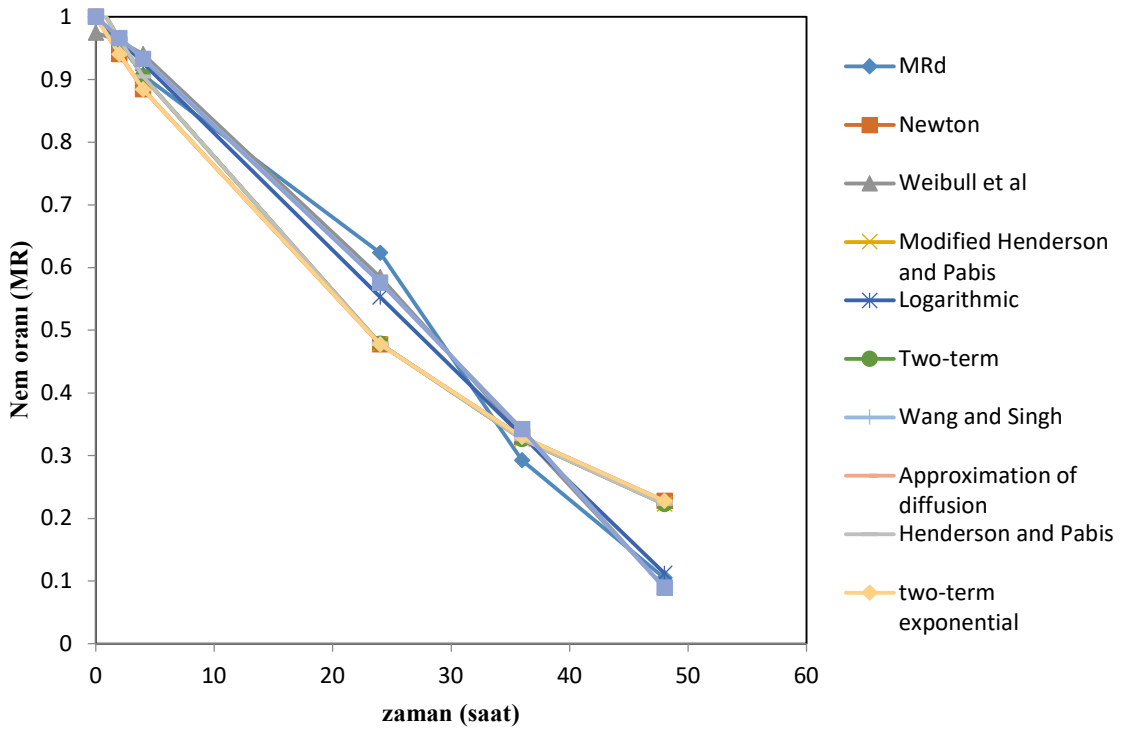


b

Şeki 4.8: Kasım (a) ve haziran (b) aylarında güneşte yapılan deneysel nem oranı verileri ile model verilerinin kıyaslanması.

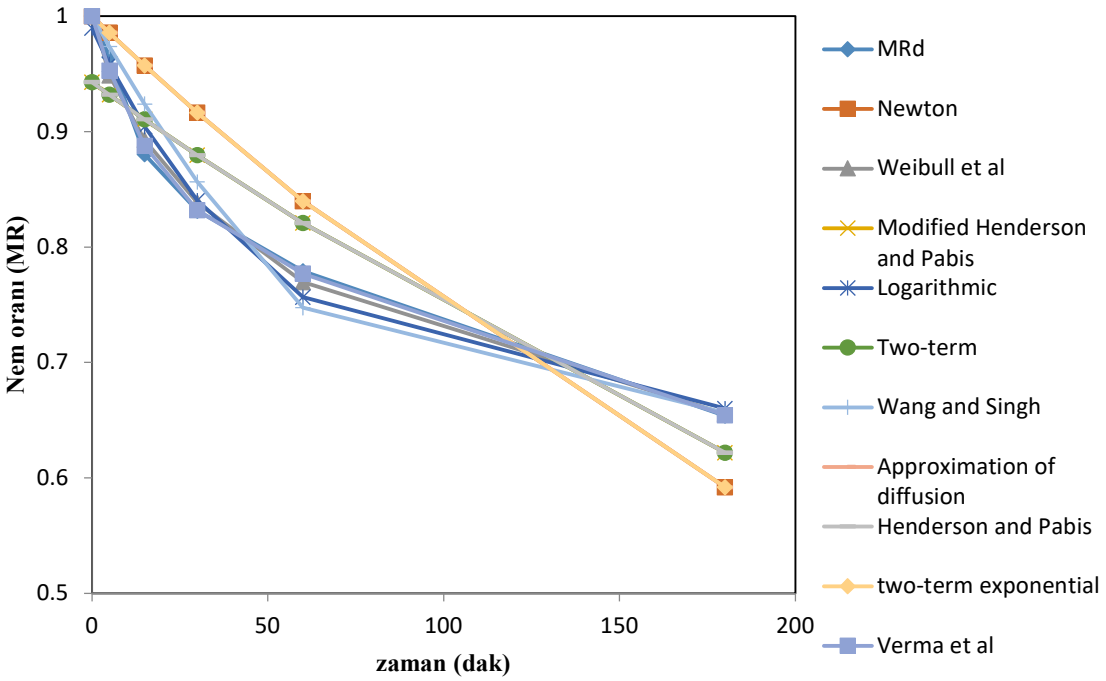


a

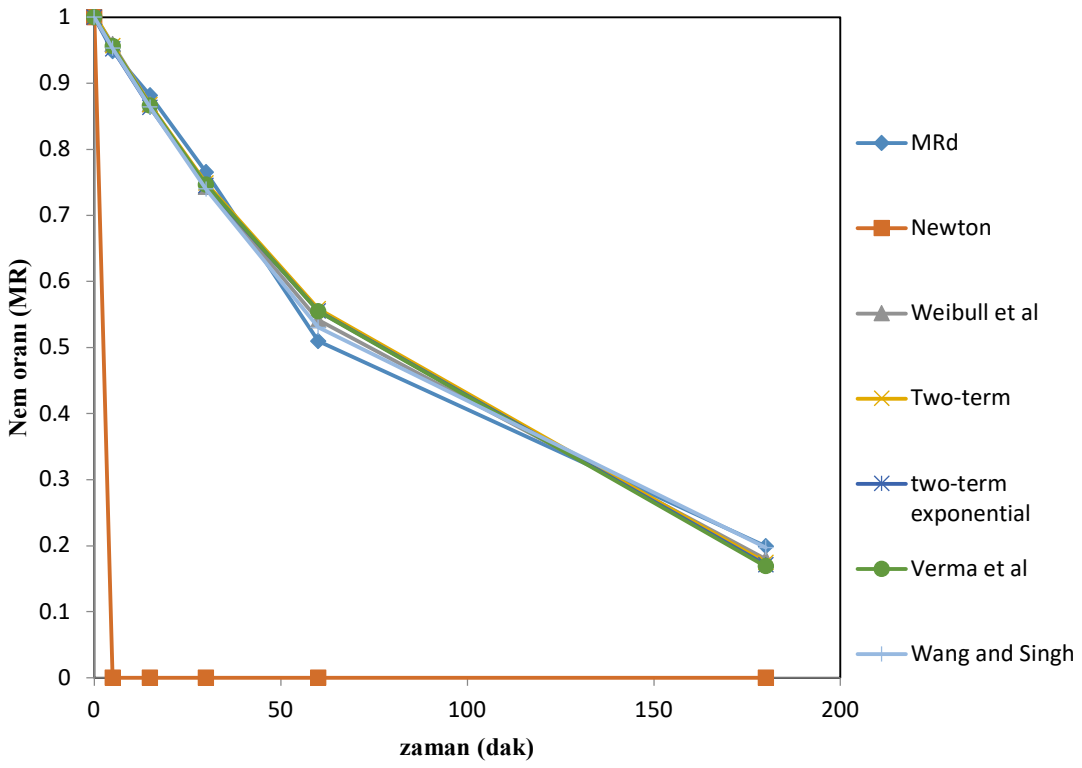


b

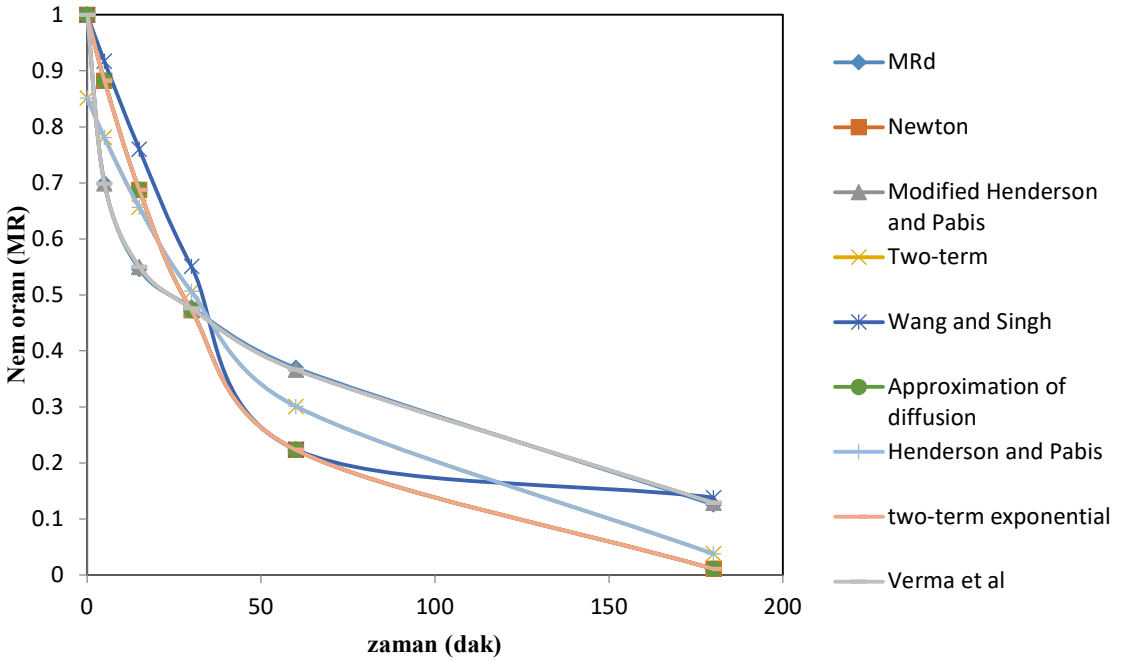
Şeki 4.9: Kasım (a) ve haziran (b) aylarında gölgede yapılan deneysel nem oranı verileri ile model verilerinin kıyaslanması.


Nem oranı (MR)
zaman (dak)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0
50
100
150
200
MRd
Newton
Weibull et al
Modified Henderson and Pabis
Logarithmic
Two-term
Wang and Singh
Approximation of diffusion
Henderson and Pabis
two-term exponential
Verma et al

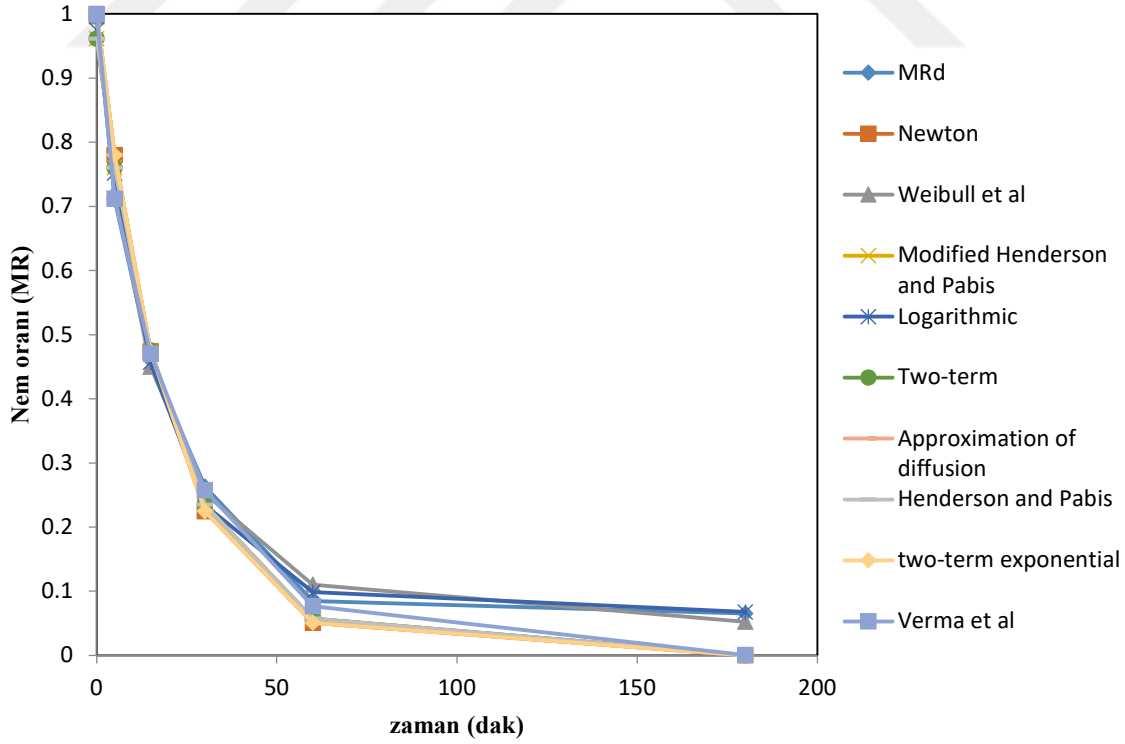
a


Nem oranı (MR)
zaman (dak)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
50
100
150
200
MRd
Newton
Weibull et al
Two-term
two-term exponential
Verma et al
Wang and Singh

b



c



d

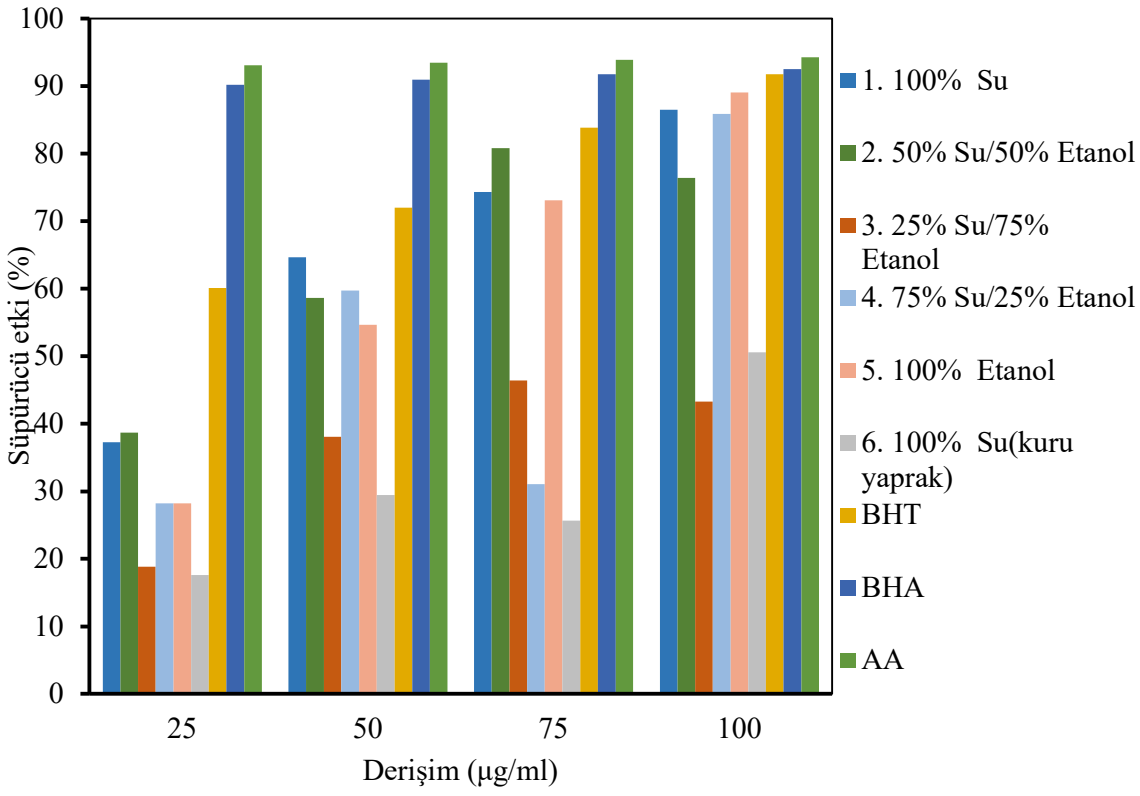
Şeki 4.10: Vakumda (a= 40, b= 55, c= 70 ve d= 80 ℃) kurutulan defne yaprak örneklerindeki nem oranı verileri ile model verilerinin kıyaslanması.

4.4. ANTİOKSİDAN KAPASİTESİ

4.4.1. DPPH Radikali Süpürme Kapasitesi

DPPH süpürme aktivitesini belirlemek için DPPH yöntemi kullanılmıştır. Her ekstrakte için (25, 50, 75, 100 µg /ml) konsantrasyonları kullanılmıştır. DPPH radikalini süpürme gücü en yüksek standart madde C vitamini olup bu bileşiğe ve ardından gelen BHA'ya göre tüm ekstreler daha düşük etkinlik göstermiştir. Şekil 4.11'de örneklerinin DPPH süpürme kapasiteleri standart maddelerle karşılaştırılmıştır.

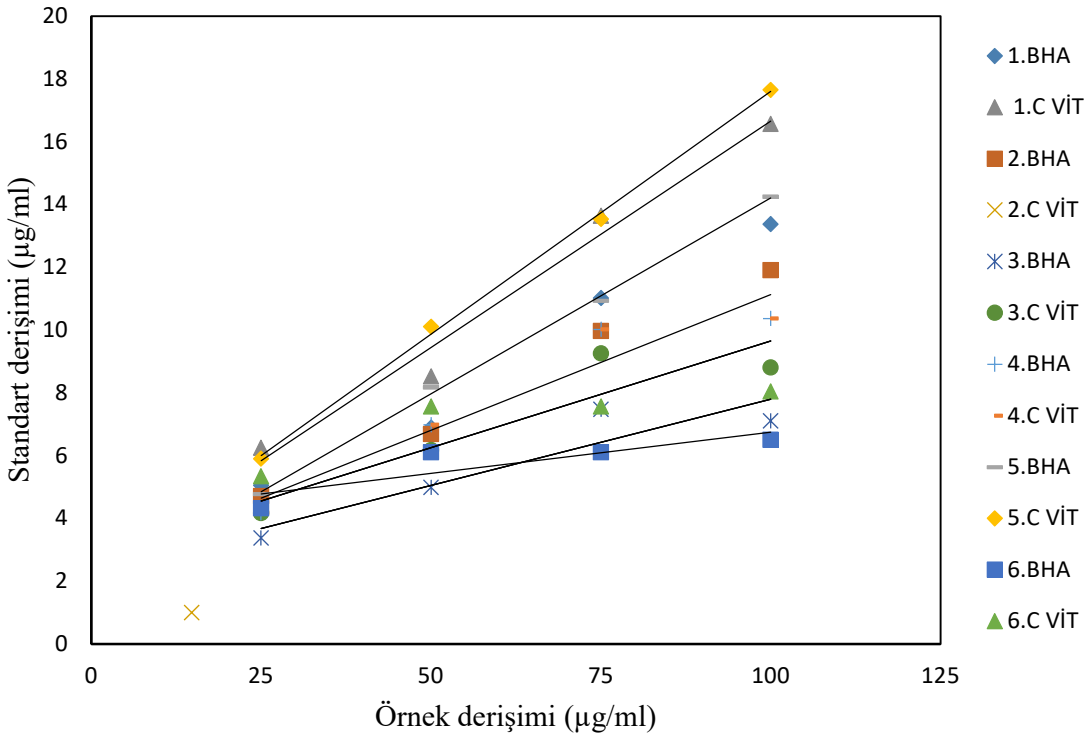
%25 ve %75 derişiminde en yüksek antioksidan aktivitenin solvent 2.ekstraktı (%50 su %50 etanol) olduğu zaman olduğunu, %50 derişimi için en yüksek antioksidan aktivitenin 1. ekstraktı (%100 su) ve %100 derişiminde en yüksek antioksidan aktivitenin 5. ekstraktı (%100 etanol) göstermektedir. En yüksek antioksidan aktivite 5. ekstraktta (%100 etanol) elde edilmiştir.



Şekil 4.11: Defne yapraklarının ve standart antioksidanların DPPH radikal süpürme kapasiteleri.

4.4.2. CUPRAC Antioksidan Kapasitesi

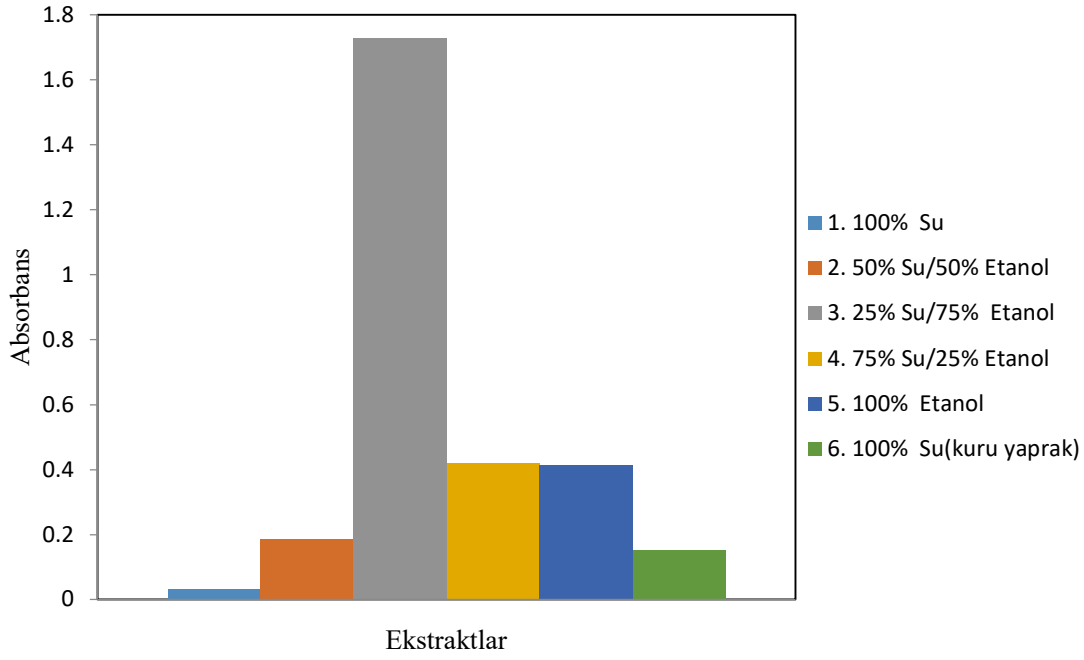
CUPRAC yöntemiyle ölçülen antioksidan kapasite sonuçları Şekil 4.12' de gösterilmiştir. En yüksek antioksidan kapasite %100 etanol ekstraktında bulunmuştur.



Şekil 4.12: Defne yapraklarının CUPRAC yöntemiyle ölçülen antioksidan kapasiteleri.

4.5. TOPLAM FENOLİK İÇERİĞİ

Ekstrakte edilen fitokimyasal bileşikler arasında polifenoller, serbest radikalleri süpürme özelliklerinden dolayı özellikle ilgi çekicidir. Defne yapraklarının farklı ekstraktlarındaki toplam fenolik içeriği belirlemek için Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır, standart madde olarak Gallik asit kullanılıp çizilen kalibrasyon eğrisine göre bu madde eşdeğerliğinde toplam fenolik madde içeriği tespit edilmiştir. Sonuçlar, Gallik asit kalibrasyon eğrisine göre hesaplanan Gallik asit eşdeğeri (µg/ml) olarak ifade edildi. Yaprakların Soxhlet ekstrelerinin toplam fenolik madde içeriği Şekil 4.13'de görülmektedir.



Şekil 4.13: Defne yapraklarının gallik asit eşdeğeri toplam fenolik madde içeriği

Şekil 4.13'de görüldüğü gibi en yüksek toplam fenol içeriği 3. ekstrakta (%25 su %75 etanol), en düşük toplam fenol içeriği ise 1. ekstraktta (%100 su) elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA

5.1. MİKRODALGA KURUTMA

Farklı mikrodalga güçleriyle elde edilen kurutma eğrileri Şekil 4.3'te sunulmuştur. Mikrodalgada yapılan kurutma işlemlerinde, nem içeriğinin başlangıçta hızla ve kurutma sonuna kadar da kademeli olarak azaldığı görülmüştür.

İstatistiksel analiz, 120 W hariç tüm diğer mikrodalga güçlerinin (400 ile 700 W) aynı kurutma verimini sergilediğini ortaya koymaktadır. 400 ile 700 W arasındaki mikrodalga güçleriyle kurutmanın, ortalama $M_t \approx$ %2,4 nem oranı seviyesinde 5 dakika sonra bir kararlılık göstermektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, belirli bir enerji eşiğine ulaşıldığında defne yapraklarının kuruma hızının pratikte aynı kaldığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında, denge nem içeriğine ulaşmak için gereken kurutma süresinin mikrodalga ile önemli ölçüde kısaltılabileceğini göstermiştir. Mikrodalga gücünde olduğu gibi düşük sıcaklık kullanımı (120 W) düşük enerji nedeniyle kurutma için etkili olmamıştır. Bu nedenle defne yaprakları nemini buharlaştırmak için belirli bir enerji eşiğinin aşılması gerekir, kurutmanın sıcaklık gücünün artmasına bağlı nemin azalmasına ve dolayısıyla suyun buharlaşmasının artmasına neden olmuştur (Misha vd., 2013). Mikrodalga kurutmanın geleneksel kurutmaya kıyasla avantajları, mikrodalga kurutmanın verimliliğidir, çünkü enerji doğrudan su molekülleri ile etkileşime girer, bu da yüzeyden ısıyı ürünün içine aktarma ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (Feng vd., 2012).

Mikrodalga ile kurutulmuş defne yapraklarının kuruma oranları Tablo 4.1'de verilmiştir. Güç seviyesi ne kadar yüksek olursa, kurutma işleminin çoğu için kurutma oranları da o kadar yüksek olur. Defne yapraklarının kurutulmasıyla ilgili yapılan araştırmalara göre (Gunhan vd., 2005; Soysal, 2004; Alibas vd., 2007; Özbek vd., 2007), yaprakların yüksek nem değerleri, kurutmanın ilk aşamalarında mikrodalga gücünün daha yüksek absorpsiyonuna ve daha yüksek nem difüzyonu nedeniyle daha yüksek kurutma hızlarına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı watt'taki (120, 400, 550 ve 700) nem içeriği verileri, nem oranı olarak adlandırılan boyutsuz bir parametreye dönüştürülmüş ve ardından elde edilen ve farklı kurutma süresi ile deneysel nem oranları ile literatürde verilen matematiksel modellerin uyumluluğu incelenmiştir. Parametreler (a, b, c, g, h, n, k, k_0 ve k_1) ve elde edilen (R^2, RMSE, SSE) istatiksel veriler Tablo 4.5 ve 4.6'da sunulmuştur. Deneysel kurutma verilerinin literatürde

verilen ince tabaka kurutma denklemleriyle elde edilen kurutma verileriyle uyumluğunun bulunmasıda excel çözücü fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen çeşitli parametrelere ait değerler Tablo 4.6' de verilmiştir. En uygun model yüksek R^2 ve en düşük SSE ve RMSE göz önüne alınarak seçilmiştir.

Tablo 4.5'ten görüldüğü gibi, en yüksek R^2 değerleri ve en düşük SSE ve RMSE değerleri, defne yaprakları için Verma ve arkadaşlarının modelinden elde edilmiştir ve sırasıyla 0,6074 – 0,9998, 0,00007 – 0,5178, 0,0034 – 0,2937 arasında değişmektedir.

5.2. GÜNEŞTE VE GÖLGEDE KURUTMA

Güneşte ve gölgede kurutma yöntemlerinin kuruma süresine ve su içeriğine etkisi incelenmiştir. Kasım ve haziran aylarında toplanan yapraklara uygulanan kurutma işleminin, kurutma süresi üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür (Şekil 4.4. ve 4.5). Gölgede ve güneşte yapılan kurutma işleminde en uzun kurutma süresi 54 saat ile kasım ayında elde edilmiştir. Haziran ayında kurutma süresi kasım ayına göre daha az olup, bu süre güneşte 24 saat, gölgede ise 48 saattir. Kuruma süresi bitki materyalinin miktarına, nem içeriğine, sıcaklığına ve nemine bağlıdır (Sefidkon vd., 2006). Uzun kurutma süresi bitki materyallerinin bozulmasına neden olur ve ayrıca enerji tüketimini ve kurutma maliyetlerini artırır (Sagar ve Suresh Kumar, 2010).

Tablo 4.5'ten, güneş altında kurutma için en yüksek R^2 değerleri ve en düşük SSE ve RMSE değerleri, defne yaprakları için Verma ve arkadaşlarının modelinden elde edilmiştir ve sırasıyla 0,4055 – 0,9994, 0,0003 – 0,3282, 0,0073 – 0,2165 arasında değişmektedir.

Gölgede kurutma için olduğu gibi, güneş için en yüksek R^2 değerleri ve en düşük SSE ve RMSE değerleri defne yaprakları için Verma et al ve Logaritmik modellerinden elde edilmiştir ve sırasıyla 0,3992 – 0,9976, 0,0016 – 0,0179, 0,0282 – 0,0859 arasında değişmektedir.

5.3. VAKUMDA KURUTMA

Farklı vakum sıcaklıkları ile elde edilen kuruma eğrileri Şekil 4.6'da sunulmuştur. Defne yapraklarının nem içeriğinin 50 - 80 °C sıcaklık aralığında hızla azaldığı, 40 °C sıcaklıkta ise kurutma sonuna kadar kademeli olarak azaldığı görülmüştür. İstatistiksel analiz, 40 °C hariç, diğer tüm vakum sıcaklıkları (50-80 °C) aynı kurutma verimini sergilemiştir. 50 ila 80 °C arasındaki vakum sıcaklıkları ile kurutmanın, ortalama $M_t \approx$ %5 nem oranı seviyesinde yaklaşık

50 dakika sonra bir kararlılık gösterdiği görülmüştür. Kurutma işleminin başlangıcında, kurutma hızı çok yüksektir, ancak nem oranı azalması ile azalmaktadır. Çünkü suyun yüzeye hareketi kurutma işleminde yüzeyi doygun durumda tutmak için yeterli değildir ve yüzeydeki denge durumu artık korunmaz ve kuruma hızı azalmaya başlar (Brennan., 2006).

Farklı kurutma sıcaklıklarındaki nem içeriği verileri, nem oranı adı verilen boyutsuz bir parametreye dönüştürülmüş ve ardından 40, 55,70 ve 80°C kurutma sıcaklıklarında nem oranının kuruma süresi ile değişimleri seçilen ince tabakaya yerleştirilmiştir. Tablo 4.5'te listelenen kurutma modelleri, ayrıca, modellerdeki (a, b, c, g, h, n, k, k_0 ve k_1) uyumların (R^2 ve SSE) ve sabitlerin iyiliğini tahmin etmek için kullanılan kriterler Tablo 4.6'da sunulmaktadır. En yüksek R^2 ve en düşük SSE ve RMSE en iyi model seçilmiştir.

Tablo 4.5'ten, en yüksek R^2 değerleri ve en düşük SSE ve RMSE değerleri Verma ve arkadaşlarının modellerinden ve Modified Henderson and Pabis defne yapraklarından elde edilmiştir ve sırasıyla 0,2021 – 0,9999, 0,00004 – 1028,4, 0,0029 – 14,3417 arasında değişmektedir.

5.4. DPPH RADİKAL SÜPÜRME KAPASİTESİ

DPPH yöntemi kullanılarak değerlendirilen defne ekstraktlarının serbest radikal süpürücü aktivitesi, Şekil 4.11'de sunulmuştur. Antioksidatif aktiviteleri nispeten kısa bir sürede değerlendirmek için stabil DPPH serbest radikallerini temizleme modeli kullanılmaktadır. Radikal, kararlı DPPH-H molekülünü oluşturmak üzere hidrojen bağışı yoluyla antioksidanlar tarafından temizlendiğinden, mordan sarıya bir renk değişiminin bir sonucu olarak absorbans azalır (Mishra vd., 2012). Antioksidanların DPPH radikal süpürme üzerindeki etkisi, hidrojen bağışlama yeteneklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

DPPH yöntemine göre defne yaprağının %100 etanoldeki ekstraktı ile yapılan çalışmada IC_{50} değeri 89,065 µg/ml kapasite ile en yüksek antioksidan aktivite değeri elde edilmiştir.

Bitki ekstraktlarının antioksidan kapasitesinin 8 flavonoid miktarı ile yüksek oranda ilişkili olduğu bildirilmiştir. Ekstraktların flavonoid içeriğinin, bitki dokuları ile ilgili olarak salgı yapılarının bolluğuna bağlı olduğuna dikkat etmek önemlidir (Wang vd., 1998).

Defne yapraklarının, DPPH radikallerine karşı süpürme aktivitelerini açıklayan önemli bir söndürme potansiyeline sahip olduğunu bildirilmiştir. Bozan ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, defne meyvesinin antioksidan aktivitesini belirlemek için DPPH testine ek olarak Rancimat testi ve β-arotene/linoleik asit testi uygulanmıştır. Çalışma verilerine göre toplam

fenol içeriğinin ve aktivitelerin ekstraksiyon yöntemine ve çözücüye bağlı olarak değiştiği görülmüştür (Bozan vd., 2007).

5.5. CUPRAC ANTİOKSİDAN KAPASİTESİ

CUPRAC yöntemine göre defne yaprağının %100 etanoldeki ekstraktı ile yapılan çalışmada en yüksek antioksidan aktivite değeri elde edilmiştir.

Birçok çalışmada, baharatların antioksidan özellikleri ile toplam fenolik bileşik miktarı arasında önemli bir ilişki olduğunu gösterilmiştir (Lu vd., 2011).

Yapılan bir çalışmada, yapraklarının antioksidan aktivitelerinin esas olarak defne uçucu yağında bulunan metil öjenol (MEug) ve öjenol (Eug) ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Nenadis vd., 2021).

5.6. TOPLAM FENOLİK MADDE İÇERİĞİ

Toplam fenolik bileşenler, Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Fosfotungstik$H_3PW_{12}O_{40}$ve fosfomolibdik $H_3PMo_{12}O_{40}$asitlerin bir karışımı olan Folin–Ciocalteu reaktifi, tungsten W_8O_{23}ve molibden Mo_8O_{23}fenol oksidasyonu mavi oksitlerine indirgenir. Mavi renk 650 nm'de meydana gelir ve genellikle gallik asit veya klorojenik asit eşdeğeri olarak ifade edilen fenollerin miktarını yansıtır (Ainsworth vd., 2007).

Folin–Ciocalteuprocedure tarafından tahmin edilen ekstraktın toplam fenol içeriği, Şekil 4.13'te sunulmuştur. Çalışmada toplam fenoller, flavonoller ve flavon içeriği, L.nobilis'ten elde edilen soxhlet ekstraktlarında gözlemlenmiştir % 100 su için 0.0311 µg/ml, %50 su %50 etanol için 0,1866 µg/ml, %25su %75 etanol 1,727 µg/ml, %75 su %25 thanol 0,419 µg/ml, %100 etanol 0,514 µg/ml ve son olarak kuru yapraklardan %100 su 0,1506 µg/ml. En yüksek değer, çözücünün %25 su %75 etanol olduğu ve bu bitkide daha önce bulunandan daha yüksek olduğu ve 0,90 µg/ml/ml toplam fenolik gösterdiği zamandı (Dall'Acqua vd., 2009). Bitki fenolikleri, birincil antioksidanlar veya serbest radikal sonlandırıcılar olarak hareket eden ana bileşik gruplarından birini oluşturduğundan, seçilen bitki ekstraktlarındaki toplam miktarlarını belirlemek mantıklıydı. Doğal bileşiklerin en çeşitli ve yaygın gruplarından biri olan flavonlar ve flavonoller, muhtemelen en önemli doğal fenoliklerdir (Harborne vd., 2013). Bu bileşikler, radikal süpürücü özellikler de dahil olmak üzere geniş bir kimyasal ve biyolojik aktivite

yelpazesine sahiptir. Birçok çalışma, flavonoid miktarları ile antioksidan aktivite arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir (Pontis vd., 2014).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, elde edilen sonuçlar defne yaprağı ekstraktlarının antioksidan ve fenolik bileşik açısından zengin olduğunu doğrulamaktadır.

DPPH ve CUPRAC yöntemlerine göre defne yaprağındaki en yüksek antioksidan kapasite değeri % 100 etanol özütü ile yapılan deneylerde elde edilmiştir. En yüksek toplam fenol içeriği ise %25 su %75 etanol ekstraktında tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, defne yapraklarının kurutulmasında vakumda kurutma yöntemi en uygun yöntem olarak belirlenmiştir (80 °C, 60 dakika ve $M_t \approx$ %1,4708). Nem oranındaki en iyi azalma Vakumda kurutma yöntemi ile tespit edilmiştir. SSE, RMSE ve R^2 değerlerine göre Verma et al ve Modified Henderson and Pabis modeli diğer modellere kıyasla deneysel defne yaprağı kurutması verilerine daha iyi uyum göstermiştir.

Verma et al ve Modified Henderson and Pabis kurutma modeli defne yaprakların kuruma davranışını yeterince tanımlayabilmektedir (en iyi yaklaşım vakumda, 70 °C, SSE= 0,00004, RMSE= 0,0029 ve R^2 = 0,9999).

Vakumda kurutma işleminin optimizasyonu üzerine gelecekte yapılacak çalışmalarda, yapraklardaki tüm aktif bileşikleri tanımlamak için güç seviyesinin yapraklardaki uçucu yağ içeriği üzerinde önemli bir etkisi olduğu göz önüne alınmalıdır.

KAYNAKLAR

Arévalo-Pinedo, A., ve Murr, F. E. (2006). Kinetics of vacuum drying of pumpkin (Cucurbita maxima): Modeling with shrinkage. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 562-567.

Abu-Dahab, R., Kasabri, V., ve Afifi, F. U. (2014). Evaluation of the Volatile Oil Composition and Antiproliferative Activity of Laurus nobilis L.(Lauraceae) on Breast Cancer Cell Line Models. *Records of Natural Products*, 8(2).

Ahmed, N., Singh, J., Chauhan, H., Anjum, P. G. A., ve Kour, H. (2013). Different drying methods: their applications and recent advances. *International Journal of food nutrition and safety*, 4(1), 34-42.

Ainsworth, E. A., ve Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature protocols*, 2(4), 875-877.

Alibas, I., Zia, M. P., Yilmaz, A., ve Asik, B. B. (2020). Drying kinetics and quality characteristics of green apple peel (Mallus communis L. var.“Granny Smith”) used in herbal tea production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(2), e14332.

Ambrose, D. C., Manickavasagan, A., ve Naik, R. (Eds.). (2016). *Leafy medicinal herbs: botany, chemistry, postharvest technology and uses*. CABI.

Anzano, A., de Falco, B., Grauso, L., Motti, R., ve Lanzotti, V. (2022). Laurel, Laurus nobilis L.: a review of its botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Phytochemistry Reviews*, 1-51.

Arslan, D., ve Özcan, M. M. (2012). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content, and color characteristics of savory leaves. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 983-991.

Asekun, O. T., Grierson, D. S., ve Afolayan, A. J. (2007). Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of Mentha longifolia L. subsp. Capensis. *Food Chemistry*, 101(3), 995-998.

Ayanoğlu, F., Kaya, D. A., Mert, A., ve Köse, E. (2013, April). Determination of quality aspects and selection of native grown laurel (Laurus nobilis L.) in Hatay province of Turkey. In 1st *Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants (MESMAP-2013)* (Vol. 17, p. 20).

Batool, S., Khera, R. A., Hanif, M. A., ve Ayub, M. A. (2020). Bay leaf. In *medicinal plants of South Asia* (pp. 63-74). Elsevier.

Bayar, Y., Onaran, A., Yilar, M., ve Gul, F. (2018). Determination of the essential oil composition and the antifungal activities of bilberry (Vaccinium myrtillus L.) and bay laurel (Laurus nobilis L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(2), 548-555.

Bendjersi, F. Z., Tazerouti, F., Belkhelfa-Slimani, R., Djerdjouri, B., ve Meklati, B. Y. (2016). Phytochemical composition of the Algerian Laurus nobilis L. leaves extracts obtained by solvent-free microwave extraction and investigation of their antioxidant activity. *Journal of Essential oil research*, 28(3), 202-210.

Boulila, A., Hassen, I., Haouari, L., Mejri, F., Amor, I. B., Casabianca, H., ve Hosni, K. (2015). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from bay leaves (Laurus nobilis L.). *Industrial Crops and Products*, 74, 485-493.

Bozan, B., ve Karakaplan, U. (2007). Antioxidants from laurel (Laurus nobilis L.) berries: Influence of extraction procedure on yield and antioxidant activity of extracts. *Acta alimentaria*, 36(3), 321-328.

Brennan, J. G. (2006). Mixing, emulsification and size reduction. *Food processing handbook*, 513.

Capecka, E., Mareczek, A., ve Leja, M. (2005). Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food chemistry*, 93(2), 223-226.

Caputo, L., Nazzaro, F., Souza, L. F., Aliberti, L., De Martino, L., Fratianni, F., ... & De Feo, V. (2017). Laurus nobilis: Composition of essential oil and its biological activities. *Molecules*, 22(6), 930.

Chahal, K. K., Kaur, M., Bhardwaj, U., Singla, N., Kaur, A., Kaur, M., ve Kaur, A. (2017). A review on chemistry and biological activities of Laurus nobilis L. essential oil. *J. Pharmacogn. Phytochem*, 6(4), 1153-1161.

Chi, J. W., Wei, Z. C., Xu, Z. H., & Zhang, Y. (2003). Application and development of microwave techniques in food processing. *Storage Process*, 1(003).

Choudhary, D., Kala, S. P., Todaria, N. P., Rawat, R. B. S., Kunwar, M. S., ve Kollmair, M. (2013). Upgrading mountain people in medicinal and aromatic plants value chains: Lessons for sustainable management and income generation from Uttarakhand, India. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 20(1), 45-53.

Dall'acqua, S., Cervellati, R., Speroni, E., Costa, S., Guerra, M. C., Stella, L., ve Innocenti, G. (2009). Phytochemical composition and antioxidant activity of Laurus nobilis L. leaf infusion. *Journal of medicinal food*, 12(4), 869-876.

DeBaggio, T., ve Tucker, A. O. (2009). *The encyclopedia of herbs: a comprehensive reference to herbs of flavor and fragrance*. Timber Press.

Derwich, E., Benziane, Z., Boukir, A., Mohamed, S., ve Abdellah, B. (2009). Chemical composition and antibacterial activity of leaves essential oil of Laurus nobilis from Morocco. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3818-3824.

Di cesare, L. F., Forni, E., Viscardi, D., ve Nani, R. C. (2003). Changes in the chemical composition of basil caused by different drying procedures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(12), 3575-3581.

Díaz-Maroto, M. C., Pérez-Coello, M. S., ve Cabezudo, M. D. (2002). Effect of drying method on the volatiles in bay leaf (Laurus nobilis L*.). Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4520-4524.

Dobroslavić, E., Repajić, M., Dragović-Uzelac, ve Elez Garofulić, I. (2022). Isolation of Laurus nobilis leaf polyphenols: A Review on current techniques and future perspectives. *Foods*, 11(2), 235.

Ebadi, M. T., Azizi, M., Sefidkon, F., ve Ahmadi, N. (2015). Influence of different drying methods on drying period, essential oil content and composition of Lippia citriodora Kunth. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 182-187.

Ertekin, C., ve Firat, M. Z. (2017). A comprehensive review of thin-layer drying models used in agricultural products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(4), 701-717.

Fathi, E., ve Sefidkon, F. (2012). Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of Eucalyptus sargentii.

Feng, H., Yin, Y., ve Tang, J. (2012). Microwave drying of food and agricultural materials: basics and heat and mass transfer modeling. *Food Engineering Reviews*, 4(2), 89-106.

Flamini, G., Cioni, P. L., ve Morelli, I. (2002). Differences in the fragrances of pollen and different floral parts of male and female flowers of Laurus nobilis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(16), 4647-4652.

Franks, S. J., Wheeler, G. S., ve Goodnight, C. (2012). Genetic variation and evolution of secondary compounds in native and introduced populations of the invasive plant Melaleuca quinquenervia. Evolution: *International Journal of Organic Evolution*, 66(5), 1398-1412.

Georgiev, E., ve Stoyanova, A. (2006). Mentha piperita oil. A guide for the specialist in aromatic industry. Plovdiv, Bulgaria: *UFT Academic Publishing House*, 219-230.
Giri, S. K., ve Prasad, S. (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of food engineering*, 78(2), 512-521.

Gunhan, T., Demir, V., Hancioglu, E., ve Hepbasli, A. (2005). Mathematical modelling of drying of bay leaves. *Energy Conversion and Management*, 46(11-12), 1667-1679.

Gupta, A., Naraniwal, M., ve Kothari, V. (2012). Modern extraction methods for preparation of bioactive plant extracts. *International journal of applied and natural sciences*, 1(1), 8-26.

Hafizoğlu, H., ve Reunanen, M. (1993). Studies on the components of Lauras nobilis from Turkey with special reference to Laurel berry fat. *Lipid/Fett*, 95(8), 304-308.

Harborne, J. B., Marby, H., ve Marby, T. J. (2013). *The flavonoids*. Springer.

Hasdemir, İ. M., ve Hasdemir, B. (2021). Recent studies on drying methods and effects of drying methods on product quality in herbs: mathematical models in the drying kinetics. *Research and Reviews in Engineering*, 21.

Huxley, A. J., ve Griffiths, M. (1992). *Dictionary of gardening*. Stockton Press.

Ivanović, J., Mišić, D., Ristić, M., Pešić, O., ve Žižović, I. (2010). Supercritical CO2 extract and essential oil of bay (Laurus nobilis L.): Chemical composition and antibacterial activity. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(3), 395-404.

Janjai, S., ve Bala, B. K. (2012). Solar drying technology. *Food Engineering Reviews*, 4(1), 16-54.

Kathirvel, K., Naik, K. R., Gariepy, Y., Orsat, V., ve Raghavan, G. S. V. (2006). Microwave drying-a promising alternative for the herb processing industry. In 2006 *ASAE Annual Meeting* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Kaurinovic, B., Popovic, M., ve Vlaisavljevic, S. (2010). In vitro and in vivo effects of Laurus nobilis L. leaf extracts. *Molecules*, 15(5), 3378-3390.

Khorshidi, J., Mohammadi, R., Fakhr, M. T., ve Nourbakhsh, H. (2009). Influence of drying methods, extraction time, and organ type on essential oil content of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). *Natural Science*, 7(11), 42-44.

Kilic, A., Hafizoglu, H., Kollmannsberger, H., ve Nitz, S. (2004). Volatile constituents and key odorants in leaves, buds, flowers, and fruits of Laurus nobilis L. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(6), 1601-1606.

Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E., ve Cabuk, Y. (2016). Türkiye ormancılık sektöründe odun dışı orman ürünleri: İhracat analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 158-167.

Lu, M., Yuan, B., Zeng, M., ve Chen, J. (2011). Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. *Food Research International*, 44(2), 530-536.

Marques, L. G., Silveira, A. M., ve Freire, J. T. (2006). Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying technology*, 24(4), 457-463.

Marzouki, H., Piras, A., Marongiu, B., Rosa, A., ve Dessì, M. A. (2008). Extraction and separation of volatile and fixed oils from berries of Laurus nobilis L. by supercritical CO2. *Molecules*, 13(8), 1702-1711.

Mercier, B., Prost, J., ve Prost, M. (2009). The essential oil of turpentine and its major volatile fraction (α-and β-pinenes): a review. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 22(4), 331-342.

Menon, A., Stojceska, V., ve Tassou, S. A. (2020). A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 67-76.

Misha, S., Mat, A. S., Ruslan, M. H., Sopian, K., ve Salleh, E. (2013). The effect of drying air temperature and humidity on the drying kinetic of kenaf core. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 315, pp. 710-714). Trans Tech Publications Ltd.

Mishra, K., Ojha, H., ve Chaudhury, N. K. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food chemistry*, 130(4), 1036-1043.

Moses, J. A., Norton, T., Alagusundaram, K., ve Tiwari, B. K. (2014). Novel drying techniques for the food industry. *Food Engineering Reviews*, 6(3), 43-55.

Moumni, M., Romanazzi, G., Najar, B., Pistelli, L., Ben Amara, H., Mezrioui, K., ve Allagui, M. B. (2021). Antifungal activity and chemical composition of seven essential oils to control the main seedborne fungi of cucurbits. *Antibiotics*, 10(2), 104.

Nabila, B., Piras, A., Fouzia, B., Falconieri, D., Kheira, G., Fedoul, F. F., ve Majda, S. R. (2022). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of Laurus nobilis leaves. *Natural Product Research*, 36(4), 989-993.

Nadeem, M. A., Aasim, M., Kırıcı, S., Karık, Ü., Nawaz, M. A., Yılmaz, A., ve Baloch, F. S. (2018). Laurel (Laurus nobilis L.): A less-known medicinal plant to the world with diffusion, genomics, phenomics, and metabolomics for genetic improvement. *Biotechnological approaches for medicinal and aromatic plants*, 631-653.

Nenadis, N., Papapostolou, M., ve Tsimidou, M. Z. (2021). Suggestions on the contribution of methyl eugenol and eugenol to Bay Laurel (Laurus nobilis L.) essential oil preservative activity through radical scavenging. *Molecules*, 26(8), 2342.

Ordoudi, S. A., Papapostolou, M., Nenadis, N., Mantzouridou, F. T., ve Tsimidou, M. Z. (2022). Bay Laurel (Laurus nobilis L.) essential oil as a food preservative source: Chemistry, quality control, activity assessment, and applications to olive industry products. *Foods*, 11(5), 752.

Orphanides, A., Goulas, V., ve Gekas, V. (2016). Drying technologies: Vehicle to high-quality herbs. *Food Engineering Reviews*, 8(2), 164-180.

Ozcan, B., Esen, M., Sangun, M. K., Coleri, A., ve Caliskan, M. (2010). Effective antibacterial and antioxidant properties of methanolic extract of Laurus nobilis seed oil. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), 637-641.

Ozkan, I. A., Akbudak, B., ve Akbudak, N. (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of food engineering*, 78(2), 577-583.

Öncel, B., ve Özbek, Ç. (2021). The effects of different drying methods on drying efficiency in bay (*laurus nobilis* L.) leaves.

Özbek, B., ve Dadali, G. (2007). Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. *Journal of Food Engineering*, 83(4), 541-549.

Özcan, M., ve Chalchat, J. C. (2005). Effect of different locations on the chemical composition of essential oils of laurel (Laurus nobilis L.) leaves growing wild in Turkey. *Journal of Medicinal food*, 8(3), 408-411.

Parikh, D. M. (2015). Vacuum drying: basics and application. *Chemical Engineering*, 122(4), 48-54.

Patrakar, R., Mansuriya, M., ve Patil, P. (2012). Phytochemical and pharmacological review on Laurus nobilis. *International journal of pharmaceutical and chemical sciences*, 1(2), 595-602.

Peixoto, L. R., Rosalen, P. L., Ferreira, G. L. S., Freires, I. A., de Carvalho, F. G., Castellano, L. R., ve de Castro, R. D. (2017). Antifungal activity, mode of action and anti-biofilm effects of Laurus nobilis Linnaeus essential oil against Candida spp. *Archives of oral biology*, 73, 179-185.

Pirbalouti, A. G., Mahdad, E., ve Craker, L. (2013). Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces. *Food chemistry*, 141(3), 2440-2449.

Pontis, J. A., Costa, L. A. M. A. D., Silva, S. J. R. D., ve Flach, A. (2014). Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Science and Technology*, 34, 69-73.

Raghavan, S. (2006). *Handbook of spices, seasonings, and flavorings*. CRC press.

Rahimmalek, M., ve Goli, S. A. H. (2013). Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of Thymys daenensis subsp. daenensis. Celak leaves. *Industrial Crops and Products*, 42, 613-619.

Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., Matos, O., Serrano, C., Neng, N. R., ve Marques, A. (2012). Antioxidant and antibacterial activity of essential oil and extracts of bay

laurel Laurus nobilis Linnaeus (Lauraceae) from Portugal. *Natural Product Research*, 26(6), 518-529.

Sagar, V. R., ve Suresh Kumar, P. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology*, 47(1), 15-26.

Sárosi, S., Sipos, L., Kókai, Z., Pluhár, Z., Szilvássy, B., ve Novák, I. (2013). Effect of different drying techniques on the aroma profile of Thymus vulgaris analyzed by GC–MS and sensory profile methods. *Industrial Crops and Products*, 46, 210-216.

Sellami, I. H., Wannes, W. A., Bettaieb, I., Berrima, S., Chahed, T., Marzouk, B., ve Limam, F. (2011). Qualitative and quantitative changes in the essential oil of Laurus nobilis L. leaves as affected by different drying methods. *Food chemistry*, 126(2), 691-697.

Shahidi, F., ve Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of functional foods*, 18, 757-781.

Sharma, A., Chen, C. R., ve Lan, N. V. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(6-7), 1185-1210.

Shaw, M., Meda, V., Tabil Jr, L., ve Opoku Jr, A. (2006). Drying and color characteristics of coriander foliage using convective thin-layer and microwave drying. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 41(2), 56-65.

Singletary, K. (2021). Bay leaf: Potential health benefits. *Nutrition Today*, 56(4), 202-208.

Stéphane, F. F. Y., Jules, B. K. J., Batiha, G. E. S., Ali, I., ve Bruno, L. N. (2021). Extraction of bioactive compounds from medicinal plants and herbs.

Souayah, N., Khouja, M. L., Khaldi, A., Rejeb, M. N., ve Bouzid, S. (2002). Breeding improvement of Laurus nobilis L. by conventional and in vitro propagation techniques. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 9(2-3), 101-105.

Southwell, I. A., Russell, M. F., Maddox, C. D., ve Wheeler, G. S. (2003). Differential metabolism of 1, 8–Cineole in insects. *Journal of chemical ecology*, 29(1), 83-94.

Soysal, Y. (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems engineering*, 89(2), 167-173.

Speroni, E., Cervellati, R., Dall'Acqua, S., Guerra, M. C., Greco, E., Govoni, P., ve Innocenti, G. (2011). Gastroprotective effect and antioxidant properties of different Laurus nobilis L. leaf extracts. *Journal of Medicinal Food*, 14(5), 499-504.

Szumny, A., Figiel, A., Gutiérrez-Ortíz, A., ve Carbonell-Barrachina, Á. A. (2010). Composition of rosemary essential oil (Rosmarinus officinalis) as affected by drying method. *Journal of Food engineering*, 97(2), 253-260.

Tan, K. H., ve Nishida, R. (2012). Methyl eugenol: its occurrence, distribution, and role in nature, especially in relation to insect behavior and pollination. *Journal of insect science*, 12(1).

Telçeken, Ö. F., (2022). Elazığ yöresinde yetişen bazı yaban meyvelerinin kurutma kinetiğinin incelenmesi ve modellenmesi.

Telis, V. R. N., ve Sobral, P. J. A. (2002). Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato. *Food Research International*, 35(5), 435-443.

Vadivambal, R., ve Jayas, D. S. (2007). Changes in quality of microwave-treated agricultural products—a review. *Biosystems engineering*, 98(1), 1-16.

Wang, M., Li, J., Rangarajan, M., Shao, Y., LaVoie, E. J., Huang, T. C., ve Ho, C. T. (1998). Antioxidative phenolic compounds from sage (Salvia officinalis). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 4869-4873.

Weiss, E. A. (2002). *Spice crops*. CABI.

Wray, D., ve Ramaswamy, H. S. (2015). Novel concepts in microwave drying of foods. *Drying Technology*, 33(7), 769-783.

Xu, S., Yan, F., Ni, Z., Chen, Q., Zhang, H., ve Zheng, X. (2014). In vitro and in vivo control of Alternaria alternata in cherry tomato by essential oil from Laurus nobilis of Chinese origin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(7), 1403-1408.

Yahyaa, M., Matsuba, Y., Brandt, W., Doron-Faigenboim, A., Bar, E., McClain, A., ve Ibdah, M. (2015). Identification, functional characterization, and evolution of terpene synthases from a basal dicot. *Plant Physiology*, 169(3), 1683-1697.

Yilmaz, A., ve Çiftçi, V. (2021). Türkiye'de defne (Laurus nobilis L.) bitkisinin durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 325-330.

Yilmaz, E. S., Timur, M., ve Aslim, B. (2013). Antimicrobial, antioxidant activity of the essential oil of Bay Laurel from Hatay, Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(1), 108-116.