Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulan Zeytin Hamurlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi

Fatma Gül ÇAKAR

YÜKSEK LİSANS

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2024

Investigation of Physicochemical Attributes of Olive Pastes Dried with Different Drying Methods

Fatma Gül ÇAKAR

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Food Engineering

January 2024

Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulan Zeytin Hamurlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi

Fatma Gül ÇAKAR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Onur KETENOĞLU

Ocak 2024

ONAY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Fatma Gül ÇAKAR'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulan Zeytin Hamurlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Onur KETENOĞLU

İkinci Danışman :

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Doç. Dr. Onur KETENOĞLU

Üye: Doç. Dr. Deniz BAŞ

Üye: Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ……..…….. tarih ve ……..…… sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. ....

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Onur KETENOĞLU danışmanlığında hazırlamış olduğum "Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulan Zeytin Hamurlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 29/01/2024

Fatma Gül ÇAKAR

İmza

ÖZET

Bu çalışma kapsamında farklı kurutma teknikleri kullanılarak zeytin hamurları kurutulmuş ve kullanılan tekniklerin kurutulmuş zeytin hamurları üzerine etkileri incelenmiştir. Kurutma işlemi 3 farklı yöntemle yapılmış olup, bunlar geleneksel kurutma (etüvde), kızılötesi enerji ile kurutma ve mikrodalga ile kurutmadır. Araştırmada, Türkiye'deki Mersin ilinden temin edilen Sarı Ulak çeşidi zeytin kullanılmıştır. Hamur haline getirilen zeytinler etüvde 105°C, kızılötesinde 150W ve 250W gücüne sahip iki farklı kızılötesi lamba ve mikrodalga fırında 140W, 364W ve 511W güçte kurutulmuştur. Kurutulan zeytin hamurlarında nem kaybı (%), su aktivitesi, pH, serbest asitlik, toplam fenolik madde ve renk analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçların varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırmamızda kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama nem kaybı ve su aktivitesi değerleri sırasıyla %47,31 ve 0,97 bulunmuştur. Kurutulan zeytin hamurlarında en düşük su aktivitesi değeri etüvde 105°C'de 0,15 ve en düşük nem kaybı değeri ise mikrodalga ile kurutmada 364W'ta çok kısa sürede %13,57 olarak bulunmuştur. Örneklerin pH değeri 5,16-6,29 ve toplam asitlik değerleri 1,30-2,78 arasında değişim göstermiştir. Kızılötesi ile kurutulan zeytin hamurlarının ortalama L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 29,16, 6,2 ve 9,77 ve mikrodalga ile kurutulan zeytin hamurlarının ortalama L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 35,29, 7,25 ve 18,54 olarak bulunmuştur. Taze zeytin hamurunun rengine en yakın olan kurutma yönteminin ise ΔE* değeri 5,14 ile 364W güçte 1 dakika kurutma ile mikrodalga olduğu tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı ise 6,02-13,65 mg GAE (gallik asit eşdeğeri)/g kuru madde olarak bulunmuştur. Çalışma sonunda mikrodalga ve kızılötesi enerjiler kullanılarak kurutulan zeytin hamurlarının geleneksel yöntemle kurutulan numunelere göre çok daha hızlı ve etkin bir şekilde kuruduğu gözlenmiş olup, bu iki yenilikçi teknolojinin geleneksel kurutma yöntemlerine alternatif olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: zeytin, kızılötesi kurutma, mikrodalga kurutma, toplam fenolik madde

SUMMARY

In this study, olive pastes were dried using different drying techniques and the effects of the techniques used on the dried olive pastes were investigated. The drying process was carried out in 3 different ways, namely, conventional drying (in the oven), infrared drying and microwave drying. In this research, Sarı Ulak olive variety obtained from Mersin province in Turkey was used. The pulped olives were dried using; oven at 105°C, two different infrared lamps at 150W and 250W power in infrared drying, and in a microwave oven at 140W, 364W and 511W power. Moisture loss (%), water activity, pH, free acidity, total phenolic content and color analyzes were performed in the dried olive pastes. Analysis of variance of the results obtained from the analysis was performed. The average moisture loss and water activity values of the fresh olive fruit used in our research were found to be 47.31% and 0.97, respectively. In the dried olive pastes, the lowest water activity value was found to be 0.15 at 105°C in the oven and the lowest moisture loss was found to be 13.57% at 364W in the microwave drying at the shortest time. The pH values of the samples varied between 5.16-6.29 and the total acidity values between 1.30-2.78. The average L*, a* and b* values of the olive pastes dried with infrared were found to be 29.16, 6.2 and 9.77, respectively, and the average L*, a* and b* values of the olive pastes dried with the microwave were found to be 35.29, 7.25 and 18.54, respectively. The drying method which is the most similar to the color of fresh olive paste was found microwave drying with a ΔE* value of 5.14 in 1 minute at 364W power. The total amount of phenolic content was found to be 6.02-13.65 mg GAE (gallic acid equivalent)/g dry matter. At the end of the study, it was observed that the olive pastes dried using microwave and infrared energies dried much faster and more effectively than the samples dried using the traditional method, and it was revealed that these two innovative technologies can be used as an alternative to traditional drying methods.

Keywords: olive, infrared drying, microwave drying, total phenolic substance

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bana değerli görüş ve katkılarıyla yol gösteren, maddi-manevi desteklerini esirgemeyen, çalışmamın her kademesinde büyük bir özveri göstererek bana yardımcı olan değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Onur KETENOĞLU'na, eğitimim için her türlü fedakarlığı gösteren, bana her konuda desteklerini esirgemeyen, hayatım boyunca bana inanan sevgili aileme, laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Ayşe Nur AKTAY'a ve beni destekleyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan etüv cihazına laboratuvarlarında kullanım erişimi sağlayan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET vi
SUMMARY vii
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 4
2.1. Zeytinin Tarihçesi 4
2.2. Dünyada ve Türkiye'de Zeytin Üretimi 5
2.3. Zeytinin Bileşimi 8
2.4. Kurutma 12
3. MATERYAL VE YÖNTEM 18
3.1. Materyal 18
3.1.1. Zeytin 18
3.1.2. Kullanılan kimyasallar 18
3.2. Yöntem 19
3.2.1. Farklı yöntemlerle zeytin hamurunun kuruması için yapılan ön denemeler 19
3.2.2. Zeytin hamuru kurutulmasına ilişkin asıl denemeler 19
3.2.2.1. Etüvde kurutma deneyinin yapılışı 20
3.2.2.2. Kızılötesi lamba ile kurutma deneyinin yapılışı 20
3.2.2.3. Mikrodalga fırında kurutma deneylerinin yapılışı 21
3.2.3. Analiz yöntemleri 22
3.2.3.1. Nem kaybı tayini 22
3.2.3.2. Su aktivitesi 23
3.2.3.3. pH Analizi 23
3.2.3.4. Serbest asitlik 24
3.2.3.5. Renk analizi 25
3.2.3.6. Toplam fenolik madde analizi 26
3.2.3.7. İstatistik analizi 27

İÇİNDEKİLER

Sayfa

4. BULGULAR VE TARTIŞMA 28
4.1. Ön Denemelere Ait Bulgular 28
4.2. Tez Çalışmasına Ait Bulgular 32
4.2.1. Kurutulan zeytin hamurlarında nem kaybına ait bulgular 32
4.2.2. Kurutulan zeytin hamurlarında su aktivitesi değerlerine ait bulgular 36
4.2.3. Kurutulan zeytin hamurlarında pH değerlerine ait bulgular 40
4.2.4. Kurutulan zeytin hamurlarında serbest asitlik değerlerine ait bulgular 43
4.2.5. Kurutulan zeytin hamurlarında renk analizi değerlerine ait bulgular 47
4.2.6. Kurutulan zeytin hamurlarında toplam fenolik madde miktarına ait bulgular .. 61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 67
KAYNAKLAR DİZİNİ 70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2. 1 Dünyada zeytinin yayılışı (Efe vd., 2013) 5
2. 2 Zeytin anatomik yapısı 9
2. 3 Elektromanyetik Spektrum [(TÜBİTAK, 2023) alınarak revize edilmiştir.] 13
3. 1 Sarı Ulak zeytini 18
3. 2 Zeytin hamuru 19
3. 3 Zeytin hamuru hazırlanmasında kullanılan öğütücü 20
3. 4 Kızılötesi lamba ile kurutma düzeneği 21
3. 5 Mikrodalga fırın 22
3. 6 Su aktivitesi cihazı 23
3. 7 pH analizinde kullanılan manyetik karıştırıcı ve pH metre cihazı 24
3. 8 L*, a*, b* renk uzayı (Baş ve Özgen, 2022) 26
3. 9 Toplam fenolik madde analizinde kullanılan santrifüj (a) ve spektrofotometre (b) cihazı 27
4. 1 Kızılötesi lamba ile 150W ve 250W güçte yapılan kurutma ön denemesinde zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi 29
4. 2 Kızılötesi kurutmada 250W-90 dakikada kuruyan zeytin hamuru 29
4. 3 Mikrodalga fırın ile 364W ve 511W güçte yapılan kurutma ön denemesinde zeytin hamurlarının nem kaybı ve su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi 30
4. 4 Mikrodalga fırın ile 140W güçte yapılan kurutma ön denemesinde zeytin hamurlarının nem kaybı ve su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi 31
4. 5 Etüv ile kurutulan zeytin hamurlarının nem kaybı değerlerinin zamanla değişimi 32
4. 6 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait nem kaybının zamanla değişimi 34
4. 7 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarına ait nem kaybının zamanla değişimi 36
4. 8 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi 38
4. 9 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi 40
4. 10 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait pH değerlerinin zamanla değişimi 42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

4. 11 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait pH değerlerinin zamanla değişimi 43
4. 12 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına serbest asitlik değerlerinin zamanla değişimi 45
4. 13 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına serbest asitlik değerlerinin zamanla değişimi 47
4. 14 Renk analizi gerçekleştirilen zeytin hamuru örneği 47
4. 15 Taze zeytin hamuru 51
4. 16 Etüvde kurutulan zeytin hamurunun kuruma sonrası durumu 52
4. 17 Kızılötesi 250W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa 52
4. 18 Kızılötesi 150W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa 52
4. 19 Mikrodalga fırında 511W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa 53
4. 20 Mikrodalga fırında 364W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa 53
4. 21 Mikrodalga fırında 140W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa 53
4. 22 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait L*, a*, b* renk değerlerinin zamanla değişimi 57
4. 23 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait L*, a*, b* renk değerlerinin zamanla değişimi 60
4. 24 Gallik asit kalibrasyon eğrisi 61
4. 25 Toplam fenolik madde analizine ait görüntü 62
4. 26 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarının zamanla değişimi 64
4. 27 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarının zamanla değişimi 66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

2. 1 Dünyada zeytin üretiminin yapıldığı ilk 10 ülke (2021) (FAO, 2021) 6
2. 2 Türkiye'de 2012-2021 yılları arasında toplam zeytin dikili alan ve üretim miktarları (FAO, 2021) 7
2. 3 Türkiye'de bölgelere göre zeytin dikili alan ve üretimi (TÜİK, 2021) 7
2. 4 Türkiye'de illere göre zeytin dikili alan ve üretimi (TÜİK, 2021) 8
2. 5 Zeytin mezokarpında bulunan bileşenler (Mafra ve Coimbra, 2004) 9
2. 6 Zeytinin bileşimi 10
2. 7 Zeytindeki bazı kimyasal bileşikler ve miktarları (Binboğa, 2020) 11
2. 8 Zeytinde bulunan fenolik bileşikler (Ünlüel ve Aydın, 2016) 12
2. 9 Taze ve kurutulan yeşil zeytinlerin kimyasal ve fiziksel parametreleri (Gambella vd., 2000) 16
3. 1 Renk analizinde kullanılan cihaza ilişkin kamera parametreleri 26
4. 1 Kullanılan kurutma yöntemleri 28
4. 2 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama nem kaybı değerleri 33
4. 3 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait varyans analizi (ANOVA) 33
4. 4 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait istatistiksel sonuçlar 34
4. 5 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait varyans analizi (ANOVA) 35
4. 6 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait istatistiksel sonuçlar 35
4. 7 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama su aktivitesi değerleri 37
4. 8 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesine ait varyans analizi (ANOVA) 38
4. 9 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 38
4. 10 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 39
4. 11 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4. 12 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama pH değerleri 41
4. 13 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının pH değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 41
4. 14 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının pH değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 42
4. 15 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının pH değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 43
4. 16 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama serbest asitlik değerleri 44
4. 17 Kızılötesinde kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 45
4. 18 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 46
4. 19 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 46
4. 20 Kurutulan zeytin hamurlarının renk analiz değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 50
4. 21 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 55
4. 22 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 56
4. 23 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 58
4. 24 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 59
4. 25 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama toplam fenolik madde miktarları 63
4. 26 Kızılötesinde kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde değerlerine ait varyans analizi (ANOVA) 64
4. 27 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarına ait varyans analizi (ANOVA) 65
4. 28 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde değerlerine ait istatistiksel sonuçlar 65

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
+	Artı
Cu	Bakır
/	Bölme İşareti
Zn	Çinko
dk	Dakika
rpm	Dakikada Devir
Fe	Demir
P	Fosfor
GHz	Gigahertz
g	Gram
ha	Hektar
Ca	Kalsiyum
a*	Kırmızı-Yeşillik Değeri
kg	Kilogram
<	Küçüktür
L	Litre
Mg	Magnezyum
Mn	Manganez
Mhz	Megahertz
m	Metre
µm	Mikrometre
mg	Miligram

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
ml	Mililitre
mm	Milimetre
ppm	Milyonda Bir Kısım
nm	Nanometre
N	Normalite
K	Potasyum
L*	Renk Parlaklık Değeri
s	Saniye
°C	Santigrat
cm	Santimetre
b*	Sarılık Mavilik Değeri
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum Hidroksit
a_w	Su Aktivitesi Değeri
W	Watt
%	Yüzde

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	**Açıklama**
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Zeytin ağacı dünyadaki en eski ağaçlardan biridir. Kökeni Akdeniz'e dayanan zeytin, Oleacea familyasının *Olea* cinsine ait *Olea europaea* L. türü olarak bilinmektedir. Zeytin meyvesi ülkemizin bir Akdeniz ülkesi olması sebebiyle sofralarımızda önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, kökeni Mezopotamya topraklarına dayanan zeytin meyvesinin tarihsel, kültürel ve ekonomik anlamda da ülkemiz açısından önemi büyüktür. Türkiye dünyanın zeytin yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahiptir. FAO 2021 verilerine göre dünyadaki zeytin üretici ülkeler arasında İspanya, İtalya'dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2021).

Zeytin tanesinin bileşiminde su, yağ, karbonhidrat, selüloz, lif, şeker, protein, mineral maddeler gibi bir çok bileşen bulunmaktadır. Zeytin iz miktarda minör bileşenler de içermektedir. Tokoferoller, hidrokarbonlar, steroller ve fenolik maddeler zeytindeki minör bileşiklerdir (Gülcü ve Demirci, 2008). Zeytin %1-3'ü oranında fenolik madde içermektedir ve bu fenolik maddeler; antosiyaninler, flavonoller, flavonlar, fenolik alkoller, hidroksisinnamik asit türevleri, sekoiridoidler ve fenolik asitler olarak sınıflandırmaktadır (Ünlüel ve Aydın, 2016).

Kurutma, gıdaların muhafazasında uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Kurutma işleminin temel amacı, gıda matrisindeki suyu uzaklaştırmak ve gıdanın nem ve su aktivite seviyelerini azaltmaktır (Çınar, 2006). Nemin uzaklaştırılmasıyla gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak korunması sağlanarak raf ömrü uzatılmaktadır. Kurutma işlemiyle ağırlık ve hacimdeki azalma paketleme, depolama ve nakliye maliyetlerinin en aza indirilmesini sağlar (Lewicki, 1998).

Güneşte kurutma yöntemi bilinen en eski kurutma yöntemidir. Bu yöntemle kurutma işleminin uzun sürmesi, üründe istenmeyen değişikliklere yol açması ve gıdalar açık havada serilerek kurutulurken havadaki her türlü toz ve kiri içine alması sebebiyle kurutma işlemi sağlıklı kabul edilmemektedir. Bu olumsuz durumlardan dolayı bazı alternatif kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu alternatif kurutma tekniklerine örnek olarak kızılötesi ve mikrodalga kurutma verilebilir.

Bugün en çok kullanılan kurutma yöntemlerinden biri olan sıcak havada kurutma yönteminde ürünler güneşte kurutmaya göre daha kısa sürede kurur, ancak daha fazla enerji tüketir. Bu yöntemde kurutma hava sıcaklığı ve hava hızı kontrol edilebildiğinden, güneşte kurutulan ürünlere göre daha kaliteli kurutulmuş ürünler elde etmek mümkündür (Taşova vd., 2019).

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumda radyo dalgaları ile kızılötesi dalgaları arasında yer almaktadır. Mikrodalgalar gıda endüstrisinde ısıtma, buz çözme, kurutma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Mikrodalga kurutucuda, magnetron tarafından üretilen mikrodalga ışınları, üründeki su moleküllerinin birçok kez titreşmesine ve ısının ürünün içinden yüzeyine aktarılmasına neden olur. Bu işlemle ürün içerisinde ısı üretimi gerçekleşir. Ürün içerisindeki nem çok kısa sürede ısınarak buharlaşır ve ürünün içi ve dışı arasındaki buhar basıncı farkı nemin içeriden dışarıya doğru hareket etmesine neden olur. Mikrodalga kurutucudaki bu ısı üretimi ve konveksiyon taşınım şekliyle ürünü kısa sürede kurutur ve enerji tüketimi diğer kurutuculara göre çok daha düşüktür (Karaaslan, 2012; Taşova vd., 2019).

Kızılötesi, elektromanyetik spektrumda görünür ışıktan daha uzun ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışıma olarak tanımlanmaktadır. Kızılötesi, gıdaların ısıtılması, çözündürülmesi, yüzey sterilizasyonu ve kurutma amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde meyve, sebze, fileto edilmiş balık, soya ve tahıl gibi ürünlerin kurutulması için bu yöntem kullanılabilmektedir (Tezcan vd., 2021).

Kızılötesi destekli kurutma tekniği, yüksek miktarda ısı enerjisinin kısa sürede materyale nüfuz ettiği ve hızlı bir şekilde kurumanın gerçekleştiği bir tekniktir. Kızılötesi ışık gıdaya çarptıktan sonra oluşan ısı iletim yoluyla gıda maddesi üzerinden aktarılır ve aynı zamanda kuruma gerçekleşir. Bu teknik, kurutma alanında çevreyi kirletmemesi, mevsimsel dalgalanmalara maruz kalmaması, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması nedeniyle tercih edilmektedir (Öztürk, 2010; Aktaş vd., 2013).

Bu tez çalışması kapsamında, zeytin meyvesinden elde edilen zeytin hamurlarının geleneksel yöntemin (etüvde kurutma) yanı sıra kızılötesi kurutma ile mikrodalga kurutma gibi yenilikçi yöntemler kullanılarak kurutulması ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan zeytin hamurlarının fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı yöntemlerle kurutulan zeytin hamurlarında nem kaybı, su aktivitesi, serbest asitlik, pH, renk ve toplam fenolik madde analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre kullanılan yöntemlerin, kurutulmuş ürün kalitesi, kuruma süresi vb. kriterler açısından avantaj ve dezavantajları ortaya konularak karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Zeytinin Tarihçesi

Zeytin tarih boyunca Akdeniz çevresindeki ülkelerde insanlık için dostluk ve barışın simgesi, refahın kaynağı olarak yeryüzünde birçok mitoloji ve efsanelere de konu olmuştur. Bu efsaneler zeytinin uzun ömürlülüğü, asaleti, değeri, insanlara faydası ve kutsallığı ile ilgilidir (Efe vd., 2013).

Zeytin ağacının kaç yüzyıl yeryüzünde yetiştiği konusunda kesin bilgi bulunmamaktadır. Yabani zeytin olan *Olea europaea oleaster*'in Anadolu'da onbinlerce yıldır varlığı bilinmektedir. Bununla birlikte, kültür zeytini *Olea europaea sativa* yaklaşık 6000 yıl öncesine dayanır ve kökeni Anadolu'dur (Efe vd., 2013).

Kökeni Akdeniz'e dayanan zeytin, Oleacea familyasının *Olea* cinsine ait *Olea europaea* L. türü olarak bilinmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni de içine alan Yukarı Mezopotamya ve Güney Ön Asya zeytinin anavatanı olarak bilinmektedir. Dünyaya zeytinin yayılışı iki yolla olmuştur. Birinci yol olarak Mısır üzerinden Tunus ve Fas'a, ikincisi ise Ege adaları, Yunanistan, İtalya ve İspanya olarak yayılış göstermiştir (Sakar ve Ünver, 2011). Şekil 2.1'de dünyada zeytin meyvesinin yayılışı görünmektedir.



Şekil 2. 1 Dünyada zeytinin yayılışı (Efe vd., 2013)

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Zeytin Üretimi

Latince'de *Olea europaea* L. olarak ifade edilen zeytin, ülkemizde yaygın olarak üretilen ve tüketilen gıdalar arasında yer almaktadır. Yüzyıllardır varlığını sürdüren zeytin ağaçları, Akdeniz ve Ege bölgesinde geniş bir yayılış gösterse de diğer medeniyetlerde de izleri vardır. Zeytin üretimi, Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde iklim şartlarının elverişliliği sebebiyle gerçekleşebilmektedir (UİB Ar&Ge Şubesi, 2021).

Akdeniz'e kıyısı olan ülkeler zeytin üretiminde en elverişli topraklara sahiptir. Bu nedenle dünyada bulunan zeytin ağaçlarının yaklaşık %92'si Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde yer almaktadır. Geriye kalan %8'lik kısmı ise Akdeniz iklimine sahip ülkelerde yapılmaktadır. Dünyada yaklaşık olarak 10,3 milyon hektar alanda 23 milyon ton zeytin üretimi yapılmaktadır. 23 milyon ton zeytin üretiminin %85'i Akdeniz ülkelerinde yapılmaktadır (FAO, 2021).

Çizelge 2.1'de dünya zeytin üretiminde ilk 10 ülke görülmektedir. 2021 yılı verilerine göre dünyada zeytin üretimine bakıldığında İspanya birinci ve İtalya ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye, 1 738 680 ton/yıl üretimle üçüncü sırada yer almakta ve dünya zeytin üretiminin %7,5'ini karşılamaktadır (FAO, 2021).

Çizelge 2. 1 Dünyada zeytin üretiminin yapıldığı ilk 10 ülke (2021) (FAO, 2021)

Ülkeler	**Zeytin üretimi (ton)**
İspanya	8 256 550
İtalya	2 270 630
Türkiye	1 738 680
Fas	1 590 504
Portekiz	1 375 750
Mısır	976 063
Cezayir	704 619
Tunus	700 000
Suriye	566 043

Türkiye, coğrafi konumu ve Akdeniz iklimi özellikleri nedeniyle İtalya, İspanya ve Tunus gibi diğer Akdeniz ülkeleriyle birlikte dünyanın önde gelen zeytin üreticilerinden biridir. Türkiye 2021 verilerine göre 8 891 68 hektar alanda 1 738 680 ton/yıl üretim yapılmaktadır. FAO verilerine göre toplam zeytin yetiştiriciliği alanında 2012-2021 yılları arasında %9,26 artış görülmektedir (FAO, 2021). Çizelge 2.2'de 2012-2021 yılları arasında zeytin üretiminde iklim koşulları ve zeytin ağacının periyodisitesine bağlı olarak inişli çıkışlı dalgalanmalar görülmektedir.

Çizelge 2. 2 Türkiye'de 2012-2021 yılları arasında toplam zeytin dikili alan ve üretim miktarları (FAO, 2021)



Ülkemizde zeytin üretimi daha çok Ege ve Akdeniz bölgelerinde yapılmaktadır. Marmara, Karadeniz, Batı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde de zeytin üretimi yapılabilmektedir. Çizelge 2.3'te görüldüğü gibi zeytin yetiştiriciliğinde Ege bölgesi zeytin dikili alan (926 733 Ha) ve üretim (4 684 139 ton/yıl) ile birinci sırada yer alır. Ege bölgesini Marmara (1 708 077 ton/yıl), Akdeniz (1 580 249 ton/yıl), Batı ve Güneydoğu Anadolu (916 382 ton/yıl) ve Karadeniz (2 830 ton/yıl) bölgeleri takip etmektedir.

Çizelge 2. 3 Türkiye'de bölgelere göre zeytin dikili alan ve üretimi (TÜİK, 2021)

Bölge	**Dikili alan (Ha)**	**Üretim (Ton)**
Ege	926 733	4 684 139
Akdeniz	344 523	1 580 249
Marmara	389 855	1 708 077
Batı ve Güneydoğu Anadolu	76 315	916 382
Karadeniz	1 254	2 830
Türkiye	**1 738 680**	**8 891 677**

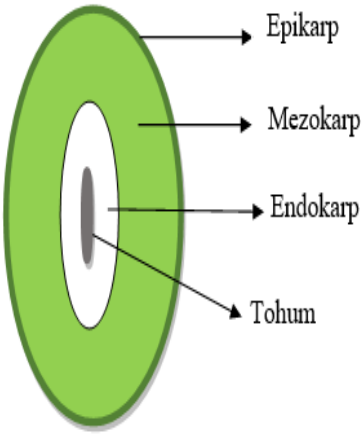
Çizelge 2.4'te Türkiye'de zeytin dikili alan ve üretimi olan ilk 12 il görülmektedir. İllere göre zeytin üretim miktarlarına bakıldığında Aydın ili 287 707 ton/yıl üretim ile birinci sırada, Manisa ili 269 160 ton/yıl üretim ile ikinci sırada yer almaktadır. Muğla ili 182 528 ton/yıl üretim ile üçüncü ve Balıkesir ili ise 177 712 ton/yıl üretim ile dördüncü sırada yer almaktadır.

Çizelge 2. 4 Türkiye'de illere göre zeytin dikili alan ve üretimi (TÜİK, 2021)

İller	**Dikim alan (Ha)**	**Üretim (ton)**
Aydın	1 543 496	287 707
Manisa	1 127 520	269 160
Muğla	1 000 010	182 528
Balıkesir	836 126	177 712
İzmir	936 770	168 914
Bursa	440 419	146 477
Hatay	559 568	119 991
Mersin	425 734	104 952
Antalya	182 265	45 000
Çanakkale	326 450	34 618
Osmaniye	166 087	33 980
Gaziantep	459 842	33 001

2.3. Zeytinin Bileşimi

Zeytin oval, etli ve tek sert çekirdekli bir meyvedir. Zeytinin dışında kabuk tabaka olan epikarp, onun altında meyve etinin bulunduğu mezokarp ve çekirdek kısmı olan endokarp olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır Şekil 2.2'de zeytinin anatomik yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2. 2 Zeytin anatomik yapısı

Epikarp, mumsu tabaka ile kaplı ve zeytin meyvenin %1-3 oluşturan koruyucu bir dokudur. Meyve gelişiminin ilk aşamasında klorofil birikiminden dolayı meyve parlak yeşil renk iken, olgunlaşma döneminde soluk yeşil, saman sarısı, pembe, mor pembe ve siyaha dönüşür (Bianchi, 2003).

Mezokarp bütün zeytin meyvesinin %70-80'lik kısmını oluşturmaktadır. Mezokarp, %70-75 oranında su ve yeşil zeytinde %14-15, olgun siyah zeytinde ise yaklaşık %30 oranında lipid içerir. Bu bileşenler dışında zeytinde şeker, protein, organik asit ve tuzları, lif, mannitol, pektinli bileşikler ve diğer bileşikler de bulunur (Bianchi, 2003). Çizelge 2.5'te zeytin mezokarpında bulunan bileşenler görülmektedir.

Çizelge 2. 5 Zeytin mezokarpında bulunan bileşenler (Mafra ve Coimbra, 2004)

Bileşenler	**Oran%**
Nem	60-75
Lipid	10-25
Protein (N×6.25)	1-2
Kül	≤1
Organik asit ve tuzlar	0,5-1
Ham lif	1-4
Fenolik bileşikler	2-3
Pektinli bileşikler	≤0,6

Mannitol	0,5-1
İndirgen şeker	3-6
İndirgen olmayan şeker	≤0,3
Diğer bileşikler	3-7

Endokarp zeytin meyvesinin %18-22'lik kısmını oluşturmaktadır. Zeytin meyvesindeki %22-27 oranında yağ endokarp tabakasında bulunur (Bianchi, 2003).

Zeytinin tanesinin bileşiminde en fazla su ve yağ bulunmaktadır. Zeytindeki su orası %50-70 ve yağ oranı %15-30 aralığında değişmektedir. Çizelge 2.6'da zeytinde bulunan bileşenler görülmektedir. Bu değerler zeytin çeşidine, yetiştirme şartlarına, olgunluğuna ve işlem şartlarına göre değişebilmektedir. (Gülcü ve Demirci, 2008).

Çizelge 2. 6 Zeytinin bileşimi

Bileşim	**Kaynak**	
	Tetik (2005)	Gülcü ve Demirci (2008)
Su	% 50-70	%50
Yağ	% 15-30	%22
Protein	% 1-3	%1,6
Lif	% 1-3	
Kül	% 1-5	
Şeker	2-6	
Karbonhidrat		%19,1
Selüloz		%5,8
Mineral madde		%1,5

Zeytin mineral madde olarak K, P, Fe, Na, Ca, Cu, Mn, Mg, Zn içermesinin yanı sıra karoten, tiamin ve C vitamini de içermektedir (Binboğa, 2020). Çizelge 2.7' de zeytine ait kimyasal bileşiklerin örnek olarak miktarları verilmiştir.

Çizelge 2. 7 Zeytindeki bazı kimyasal bileşikler ve miktarları (Binboğa, 2020)

Kimyasal Bileşikler	**Miktar**
K (mg/100g)	457,2
P (mg/100g)	51,1
Fe (mg/100g)	1,73
Na (mg/100g)	3,2
Ca (mg/100g)	33,2
Cu (mg/100g)	0,01
Mn (mg/100g)	0,13
Mg (mg/100g)	12,5
Zn (mg/100g)	0,71
Karoten (mg/100g)	0,15-0,2
Tiamin (mikrogram/100g)	0,54-1,10
C vitamini (mg/100g)	12,9-19,1

Zeytin iz miktarda minör bileşenler de içermektedir. Tokoferoller, hidrokarbonlar, steroller ve fenolik maddeler zeytindeki minör bileşiklere örnek verilebilir. Zeytin %1-3 oranında fenolik madde içermektedir ve bu fenolik maddeler; antosiyaninler, flavonoller, flavonlar, fenolik alkoller, hidroksisinnamik asit türevleri, sekoiridoidler ve fenolik asitler olarak sınıflandırmaktadır (Gülcü ve Demirci, 2008; Ünlüel ve Aydın, 2016). Çizelge 2.8'te zeytin fenolikleri görülmektedir.

Çizelge 2. 8 Zeytinde bulunan fenolik bileşikler (Ünlüel ve Aydın, 2016)

<table>
<tr><th colspan="4">Zeytinde bulunan fenolik bileşikler</th></tr>
<tr><td>Antosiyaninler</td><td>Siyanidin-3-glikozit
Siyanidin-3-rutinosit
Siyanidin-3-kaffeglikozit
Siyanidin-3-kafferutinosit
Delfinidin-3-ramnoglikozit-7-ksilosit</td><td>Sekoiridoitler</td><td>Oleuropein
Demetiloleuropein
Ligstrosit
Nüzhenit</td></tr>
<tr><td>Flavonoller</td><td>Kuersetin-rutinosit</td><td rowspan="4">Fenolik asitler</td><td rowspan="4">Klorojenik asit
Kaffeik asit
p-hidroksibenzoik asit
Prokateşik asit
Vanilik asit
Syringic asit
p-kumarik asit
o-kumarik asit
Ferulik asit
Sinapik asit
Benzoik asit
Sinnamik asit
Gallik asit</td></tr>
<tr><td>Flavonlar</td><td>Luteolin-7-glikozit
Luteolin-5-glikozit
Apigenin-7-glikozit</td></tr>
<tr><td>Fenolik alkoller</td><td>(3,4-dihidrosifenil) etanol (3,4-DHPEA)
(p-hidroksifenil)etanol(p-HPEA)</td></tr>
<tr><td>Hidroksisinnamik asit türevleri</td><td>Verbaskosit</td></tr>
</table>

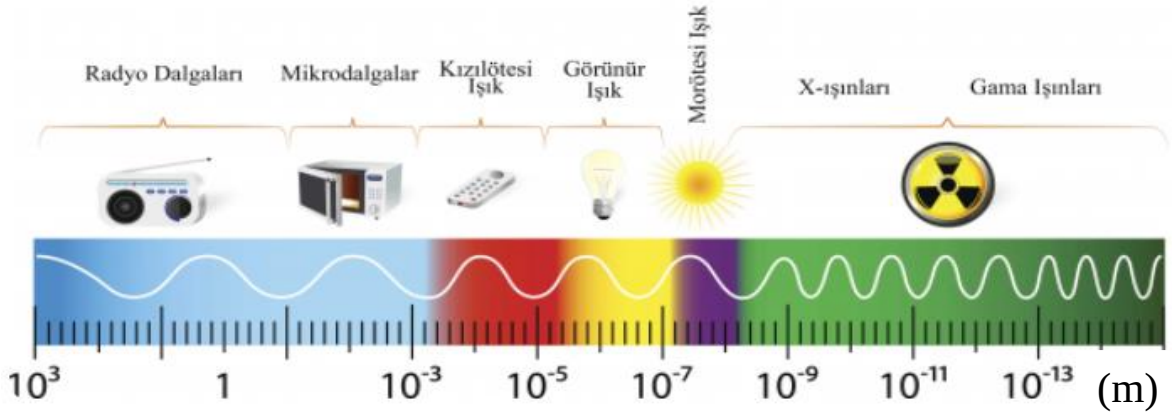
2.4. Kurutma

Gıdalar insanların beslenmesi için önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle de insanlık tarihinin başlangıcından bu yana gıdaları muhafaza etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan başlıca muhafaza yöntemleri kurutma, konserve, dondurma, tuzlama, ısıl işlem ve radyasyon uygulamalarıdır. Bu yöntemler arasında kurutma en eski, maliyet açısından en uygun ve uygulaması en kolay yöntem olarak öne çıkmıştır (Alwazeer, 2018). Kurutma işleminin temel amacı, gıda matrisindeki suyu uzaklaştırmak ve gıdanın nem ve su aktivite seviyelerini azaltmaktır (Çınar, 2006). Bir başka deyişle kurutma,

gıdanın içerinde bulunan suyun belirli bir seviyeye inmesi işlemidir. Nemin uzaklaştırılmasıyla gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak korunması sağlanarak raf ömrü uzatılmaktadır. Kurutma işlemiyle ağırlık ve hacimdeki azalma paketleme, depolama ve nakliye maliyetlerinin en aza indirilmesini sağlar (Lewicki, 1998).

Kurutma işleminde bilinen en eski yöntem güneşte kurutma işlemidir. Fakat güneşten yararlanarak açık havada kurutmanın uzun bir işlem süresinin olması, üründe istenmeyen değişikliklere yol açması ve kurutma sırasında havadaki her türlü toz ve kiri içine alması nedeniyle sağlıklı bir kurutma işlemi olmadığı kanıtlanmıştır. Bu olumsuz durumlardan dolayı farklı kurutma sistemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu kurutma sistemlerinden bazıları sıcak hava yardımıyla kurutma, kızılötesi ve mikrodalga kurutuculardır.

Sıcak hava yardımıyla kurutma yönteminde ürünler güneşte kurutmaya göre daha kısa sürede kurur, ancak daha fazla enerji tüketir. Bu yöntemde kurutma hava sıcaklığı ve hava hızı kontrol edilebildiğinden, güneşte kurutulan ürünlere göre daha kaliteli kurutulmuş ürünler elde etmek mümkündür (Taşova vd., 2019).



Şekil 2. 3 Elektromanyetik Spektrum [(TÜBİTAK, 2023) alınarak revize edilmiştir.]

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere; elektromanyetik spektrumda, radyo dalgaları ile kızılötesi dalgaları arasında, 1 mm ila 1 m dalga boyuna ve 300 MHz ila 300 GHz frekans aralığına sahip mikrodalgalar yer almaktadır. Mikrodalgalar gıda endüstrisinde ısıtma, buz çözme, kurutma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu amaçla yaygın olarak 2450 MHz ve 915 MHz (Avrupa'da 896 MHz) mikrodalga frekansları kullanılmaktadır (Yılmaz, 2015).

Mikrodalga kurutucuda, magnetron tarafından üretilen mikrodalga ışınları, üründeki su moleküllerinin bir çok kez titreşmesine ve ısının ürünün içinden yüzeyine aktarılmasına neden olur. Bu işlemle ürün içerisinde ısı üretimi gerçekleşir. Ürün içerisindeki nem çok kısa sürede ısınarak buharlaşır ve gıdanın içi ile dışı arasındaki buhar basıncı farkı nemin içeriden dışarıya doğru hareket etmesine neden olur. Mikrodalga kurutucudaki bu ısı üretimi ve konveksiyon taşınım şekliyle ürünü kısa sürede kurutur ve enerji tüketimi diğer kurutuculara göre çok daha düşüktür (Taşova vd., 2019; Karaaslan, 2012).

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere; kızılötesi, elektromanyetik spektrumda dalga boyları 0,72-1000 μm arasında olan, görünür ışıktan daha uzun ve mikrodalgalardan daha kısa elektromanyetik ışıma olarak tanımlanmaktadır. Kızılötesi ışınlar, dalga boylarına ve emisyon sıcaklıklarına göre kısa dalga (0,72-2μm), orta dalga (2-4 μm) ve uzun dalga (4-1000 μm) olarak üçe ayrılmaktadır (Han, 2019).

Kızılötesi ışınlar, gıdaların ısıtılması, çözündürülmesi, yüzey sterilizasyonu ve kurutmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde meyve, sebze, fileto edilmiş balık, soya ve tahıl gibi ürünlerin kurutulması için bu yöntem kullanılabilmektedir (Tezcan vd., 2021).

Kızılötesi destekli kurutma tekniği, yüksek miktarda ısı enerjisinin kısa sürede materyale nüfuz ettiği ve hızlı bir şekilde kurumanın gerçekleştiği bir tekniktir. Kızılötesi ışık gıdaya çarptıktan sonra oluşan ısı iletim yoluyla gıda maddesi üzerinden aktarılır ve aynı zamanda kuruma gerçekleşir. Kurutma alanında çevreyi kirletmemesi, mevsimsel dalgalanmalara maruz kalmaması, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması nedeniyle tercih edilmektedir (Öztürk, 2010; Aktaş vd., 2013).

Çalışma kapsamında kullanılan kurutma yöntemlerinden kızılötesi kurutma ve mikrodalga kurutma teknolojileri yeni teknolojiler olarak nitelendirilmekte olup, geleneksel kurutmaya göre avantajları; hızlı ısı transferi, daha kısa kurutma süresi, etkin kurutma verimliliği, kurutulmuş materyalin ısı enerjisiyle daha kısa süre temasından dolayı daha az bozulma riski şeklinde örnek verilebilir. Bilimsel literatürde nemli gıdaların kurutulmasında

kızılötesi teknolojisinin kullanımına yönelik çok fazla sayıda veri ve kaynak bulunmamakla birlikte, mikrodalga tekniğinin kullanımı daha yaygındır. Geleneksel yöntemlerden olan sıcak hava akımında kurutma, açık havada kurutma gibi tekniklerde saatler sürecek olan kurutma işlemi, bu iki teknikte dakikalar ve hatta özellikle mikrodalga tekniğinde saniyeler ile tamamlanabilmektedir. Zeytin meyvesinin kurutulması, kızılötesi ve mikrodalga kurutma tekniklerine ilişkin literatürden bazı örnekler aşağıda sıralanmıştır:

Kumcuoğlu vd. (2008)'nin yaptıkları çalışmada, dilimlenmiş salamura yeşil zeytinler tepsili kurutucuda %75 nem içeriğinden %4 nem içeriğine, 40, 50 ve 65°C' deki sıcaklıklarında ve 1,3 m/s hızındaki hava kullanılarak tepsili kurutucuda kurutulmuştur. Yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen kurutma deneylerinde daha kısa işlem süreleri gözlenmiştir. Yaklaşık %4 nem içeriğine 65°C'de kurutmada 290 dakika sonunda, 40°C'de ise 445 dakikada ulaşılmıştır. Kurutulan ürünlerde sıcaklık artışının renkte koyulaşmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Dilimlenmiş yeşil zeytinlerin su aktivite değerinin kurutma öncesi 0,977 iken kurutma sonrasında 0,637'ye düştüğü rapor edilmiştir.

Öngen vd. (2005) yaptıkları çalışmada, tepsili kurutucu kullanılarak yeşil sofralık zeytinlerin (Domat çeşidi) sıcak havayla kurutulmasını incelemiştir. Araştırıcılar, 1 m/s hıza ve 40, 50, 60 ve 70°C olmak üzere değişken sıcaklıklara sahip hava yardımıyla zeytinleri kurutarak çerez şeklinde tüketilebilecek bir ürün geliştirmişlerdir.

Erbay vd. (2010) yaptıkları çalışmada, zeytin örneklerini tepsili kurutucuda sıcak hava ile kurutmuşlardır. Fermente yeşil zeytin dilimlerinin nemi sıcak hava kullanılarak tepsili kurutucu ile %81,41'den %2,15'e düşürülmüştür. Kurutma işlemi 65°C'de ve 1 m/s hava hızı ile gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi örneklerin L* (51,46- 32,35) ve b* (31,65-17,03) değerlerini düşürürken a* değerini -0,62'den 1,95'e yükselmiştir. Kurutma sırasında zeytinlerin çapındaki değişimler gözlenmiş olup örneklerin iç ve dış çapları sırası ile %20,6 ve %24 oranında azalmıştır.

Gambella vd. (2000) yaptıkları çalışmada, yeşil olgun zeytinleri (*Olea europaea* L.) iğneyle delme ve %10'luk sıcak tuzlu suya 10 dakika daldırma ön işlemine tabi tutmuşlardır. Daha sonra zeytinler 50°C'de 67 m^3/dk hava akışına sahip kurutma fırınında 32 saat boyunca kurutularak, %20 nem içeriğine kadar kurumanın gerçekleştiği bildirilmiştir. Çizelge 2.9'a göre kurutulan zeytinlerin taze zeytinlere göre asitlik değerlerinde azalma görülürken pH değerlerinde artış görülmüştür.

Çizelge 2. 9 Taze ve kurutulan yeşil zeytinlerin kimyasal ve fiziksel parametreleri (Gambella vd., 2000)

Kullanılan yöntemler	**pH**	**Asitlik (%sitrik asit)**	**Su aktivitesi (a_w)**
Taze zeytin	4,8	0,52	0,987
Delme	5,17	0,26	0,812
50°C'de 10 dakika suda haşlama	5,18	0,22	0,933
Delme+50°C'de 10 dakika suda haşlama	5,25	0,30	0,871
Delme+ 50°C'de %10'luk sıcak tuzlu suya 10 dakika haşlama	5,10	0,26	0,849
Kontrol	5,13	0,23	0,948

Özdemir vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada zeytinler (Gemlik) 5500W gücündeki mikrodalga fırında ve 40, 50 ve 60°C'de 3 m/s hava akımlı bir kurutucuda kısmi kurutulmuştur. Kurutma işlemiyle kısa sürede ve kimyasal kullanmaksızın zeytinin acılığı giderilmiştir.

Çelen vd. (2015) yaptıkları çalışmada, pirinanın mikrodalgada kuruma davranışı deneysel olarak incelenmiş ve 90W, 360W ve 600W güçte kurutma gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre mikrodalga gücü arttıkça kuruma süresinin azaldığı görülmüştür.

Özsoy (2015) yaptığı çalışmada, 2 mm, 4 mm ve 6 mm elma dilimlerinin mikrodalga fırında kuruma davranışını araştırmıştır. Elma dilimi kurutma deneyleri 1400, 2000 ve 2800W mikrodalga güçlerinde ve çeşitli hızlarda gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi, elma dilimlerinin nem değerleri %86,7 iken %11,7 olana kadar devam edilmiştir. Kurutma işlemi ortalama 48 dakika sürmüştür. Tüm deney sonuçlarının incelenmesiyle artan mikrodalga gücünün kurutma süresini ve enerji tüketimini azalttığı görülmüştür.

Taşova vd. (2019) yaptıkları çalışmada, kuşburnu (Gerçekcioğlu) meyvelerini mikrodalga kurutucuda 360, 540, 720 ve 900W güç ve etüvde 50, 60 ve 70°C kurutma hava sıcaklıklarında kurutmuştur. Kuruma süreleri mikrodalga güç seviyelerinde sırasıyla 27, 14, 11 ve 9 dakikada ve etüvde ise sırasıyla 16,5, 7,5 ve 7 saat olarak belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklığı ve mikrodalga güç değerlerinin ürünün kurutulmasında ve kalite değerinin değişmesinde etkili olduğu görülmüştür.

Aktaş vd. (2013) yaptıkları çalışmada, 4 mm ve 5 mm kalınlığındaki ayva dilimlerinin kızılötesi kurutucuda kuruma davranışını deneysel olarak araştırmışlardır. 4 ve 5 mm kalınlıktaki ayva dilimlerinin nem içeriği 3,89 g su/g kuru madde değerinden 0,16 g su/g kuru madde değerine ortalama 315 dakikada indirilmiştir. Farklı kalınlıklarda dilimlenen ayvalar, farklı kurutma sıcaklıklarında ve farklı kurutma hızlarında kurutulmuştur. En kısa kurutma süresi 40°C ile 240 dakikada gerçekleşirken, en uzun kurutma 35°C ile 390 dakikada gerçekleşmiştir.

Baysal vd. (2003) yaptıkları çalışmada, mikrodalga ve kızılötesi kurutma yöntemlerinin sarımsak ve havuç kalitesi üzerindeki etkilerini sıcak hava kurutma ile karşılaştırmıştır. Sıcak hava ile kurutulan havuç örneklerinin kurutma hızı 120 dakikaya kadar 1 kg H_2O/m^2h değerinde sabit kalmıştır. Mikrodalga ve kızılötesi kurutmada ilk 20 dakikada kuruma hızında hızlı bir artış gözlenmiştir. İlk 20 dakikada havuç örneklerinin kurutma hızı mikrodalga kurutma için 1 kg H_2O/m^2h 'den 2 kg H_2O/m^2h 'ye, kızılötesi kurutma için 2 kg H_2O/m^2h 'den 4 kg H_2O/m^2h 'ye yükselmiştir. Bu sürelerden sonra kuruma hızının işlem sonuna kadar zamanla doğrusal olarak azaldığı saptanmıştır. En kısa kuruma süreleri havuç örneklerinin mikrodalga ve kızılötesi kurutmasında gözlemlenmiştir. Sarımsağın kurutulması sırasında tüm kurutma yöntemlerinde kuruma hızı azalmıştır. Sarımsağın en kısa kuruma süresi sıcak hava ile kurutulmuş örneklerde gözlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Zeytin

Araştırmada, Türkiye'deki Mersin iline ait Sarı Ulak zeytin çeşidi kullanılmıştır. Kurutma denemelerinde kullanılacak olan Sarı Ulak zeytin çeşidi ekim ayından itibaren Mersin ilinden yerel üreticiden alınarak temin edilmiş ve kurutma denemelerinde kullanılıncaya kadar +4°C'de depolanmıştır. Şekil 3.1'de Sarı Ulak zeytini gösterilmektedir.



Şekil 3. 1 Sarı Ulak zeytini

3.1.2. Kullanılan kimyasallar

- Metanol (Supelco, Almanya)
- Etanol (Isolab, Almanya)
- 0,1 N sodyum hidroksit çözeltisi (Beyanlab, Türkiye)
- Sodyum bikarbonat (Merck, Darmstadt, Almanya)
- Fenolftalein çözeltisi (%0,1'lik) (Norateks, Türkiye)
- Folin-Ciocalteu reaktifi (Supelco, Almanya)
- Saf su

Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Farklı yöntemlerle zeytin hamurunun kuruması için yapılan ön denemeler

Asıl kurutma denemelerine başlamadan önce ön denemeler yapılmıştır. Zeytin hamurunun kuruması için yapılan ön denemelerde kızılötesi lamba ve mikrodalga fırın kullanılmıştır. Bu süreçte farklı kurutma süreleri denenmiş olup, kuruma performansları kaydedilmiştir. Asıl denemeler ise ön denemelerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda yapılmıştır.

3.2.2. Zeytin hamuru kurutulmasına ilişkin asıl denemeler

Bu çalışmada, zeytinlerin çekirdekleri çıkartılarak bir öğütücü (Coffee and SpiceGrinder, KSPG-4812, Kiwi, Çin) ile hamur haline getirilmiştir. Daha sonra cam numune kaplarına kalınlığı 5 mm olacak şekilde zeytin hamurları alınmıştır. Zeytin hamurları, acılığı gidermek amacıyla herhangi bir ön işlem uygulanmadan üç farklı kurutma yöntemiyle kurutulmuş ve kurutma işlemi 2 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2'de zeytin hamuru ve Şekil 3.3'te kullanılan öğütücü gösterilmektedir.



Şekil 3. 2 Zeytin hamuru



Şekil 3. 3 Zeytin hamuru hazırlanmasında kullanılan öğütücü

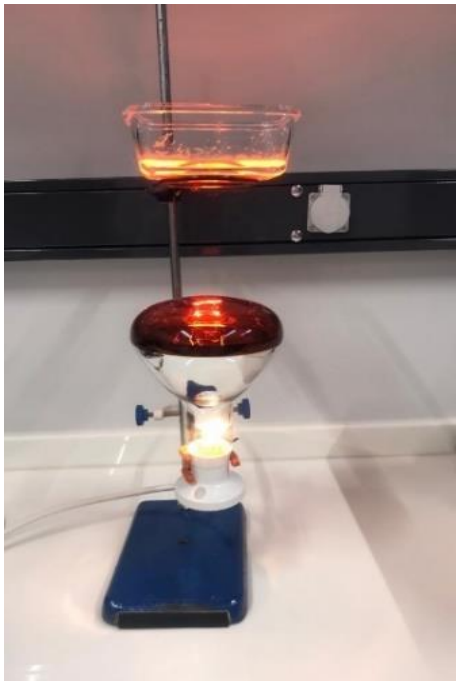
3.2.2.1. Etüvde kurutma deneyinin yapılışı

Kurutma işlemi sıcak hava akımı mevcut bir etüvde (Nükleon NST-120, Türkiye) 105°C'de ve 240 dakikada yapılmıştır. Kurutma süresince, üründeki ağırlık değişimini belirlemek için zeytin hamurları belirli aralıklarla etüvden alınıp desikatörde 30 dakika soğuması beklenip tartılmıştır. Tartımlar arasındaki farkın %4'e düşmesiyle kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Tartım işlemi 0,01g duyarlılığa sahip hassas terazide (BJ 1200 C, Precisa, İsviçre) yapılmıştır.

3.2.2.2. Kızılötesi lamba ile kurutma deneyinin yapılışı

Kurutma işleminde 150 ve 250W güce sahip olmak üzere iki kızılötesi lamba kullanılmıştır. Bu işlemde; zeytin hamurunun cam numune kabı içerisindeki kalınlığı 5 mm, numune ile kızılötesi lamba arası mesafe ise 10 cm olarak ayarlanmıştır. Ön denemeler sonucunda elde edilen verilere göre deneyler 90, 120, 150 ve 180 dakika olmak üzere dört farklı sürede yapılmıştır.

Çalışmamızda 150W (General Electric, A.B.D.) ve 250W (Tungsram, Macaristan) kızılötesi lambalar kullanılmıştır. Kullanılan kızılötesi lambaların duy tipi E27 ve lambanın duydan itibaren yükseklik 14,5 cm, en ise 12,5 cm'dir. Şekil 3.4'te kızılötesi lamba ile kurutma düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 4 Kızılötesi lamba ile kurutma düzeneği

3.2.2.3. Mikrodalga fırında kurutma deneylerinin yapılısı

Mikrodalga fırında kurutma işlemi 140, 364 ve 511W güçte (sırasıyla 1, 2 ve 3. kademe) gerçekleştirilmiştir. Ön denemeler sonucunda elde edilen verilere göre kurutma süreleri 140W güçte 12, 14, 16 ve 18 dakika; 364 ve 511W güçte ise 1, 2, 3 ve 4 dakika olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda HM-01 model mikrodalga fırın (Kumtel, Türkiye) kullanılmıştır. Fırının kapasitesi 20 litredir. Mekanik kontrol paneli bulunmaktadır. Nominal mikrodalga güç çıkışı 700W'tır. Buz çözme fonksiyonun yanında 5 güç seviyesi vardır ve 30 dakikaya kadar ayarlanabilmektedir. Şekil 3.5'te kullanılan mikrodalga fırın gösterilmektedir.



Şekil 3. 5 Mikrodalga fırın

3.2.3. Analiz yöntemleri

Kurutulan zeytin hamurlarının nem miktarı, su aktivitesi, pH, serbest asitlik, renk ve toplam fenolik madde analizleri aşağıda tarif edildiği şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. Nem kaybı tayini

Hamur haline getirilen zeytinler, 0,01 g hassasiyetinde terazi (BJ 1200 C, Precisa, İsviçre) ile tartılarak ölçümler not edilmiştir. Farklı yöntemlerle kurutulan zeytin hamurları desikatörde 30 dakika soğutularak ağırlıkları ölçülmüş ve başlangıçtaki ağırlıkları ile aralarındaki fark hesaplanıp alınan örnek miktarına bölünmesiyle nem kaybı değerleri hesaplanmıştır. Nem kaybı değerleri Eşitlik 3.1'de verilen formülden hesaplanmıştır.

$$\%\ \text{nem kaybı} = \frac{B-K}{B} \times 100 \qquad (3.1)$$

Burada 'B' örneğin başlangıçtaki ağırlığı; 'K' kurutma sonrası örnek miktarı g cinsinden ağırlığıdır.

3.2.3.2. Su aktivitesi

Su aktivitesi analizi WaterLab (Steroglass S.r.l., Perugia, İtalya) marka cihaz yardımıyla belirlenmiştir. Kurutulan zeytin hamurlarından hassas terazide (XB 220 A SCS, Precisa, İsviçre) 1 g ölçülmüş ve su aktivitesi cihazında analiz sonunda okunan değer kaydedilmiştir. Ölçüm işlemi 25℃'de gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.6'de kullanılan su aktivitesi cihazı gösterilmektedir.



Şekil 3. 6 Su aktivitesi cihazı

3.2.3.3. pH Analizi

pH analizi Hanna HI 2020 Edge (Hanna Instruments, RI, A.B.D) marka pH metre yardımıyla belirlenmiştir. Kurutulan zeytin hamurlarından behere uygun miktarda tartım alınıp 1:10 oranında seyreltilerek MTOPS marka manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. pH metre pH 4, 7 ve 10 tampon çözeltileriyle kalibre edilip pH değerleri ölçülmüştür. Şekil 3.7'de pH analizinde kullanılan manyetik karıştırıcı ve pH metre cihazı gösterilmektedir.



Şekil 3. 7 pH analizinde kullanılan manyetik karıştırıcı ve pH metre cihazı

3.2.3.4. Serbest asitlik

Kurutulan zeytin hamurlarında serbest asitlik analizi titrasyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Kurutulan zeytin hamurlarından erlene 1 g hassas terazide (XB 220 A SCS, Precisa, İsviçre) tartım alınıp 50 mL etanol ile MTOPS marka manyetik karıştırıcıda süspansiyon hazırlanmıştır. Üzerine 4-5 damla %0,1'lik fenolftalein çözeltisi damlatıldıktan sonra, bürette bulunan 0.1 N NaOH çözeltisiyle titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Sarfiyatlar not edilerek Eşitlik 3.2'de verilen formüle göre oleik asit cinsinden g/100g olarak hesaplanmıştır.

$$\%\ serbest\ asitlik = \frac{V \times N \times 28{,}2}{M} \qquad (3.2)$$

Burada 'V' harcanan 0,1 N NaOH miktarı (mL); 'N' NaOH normalitesi: 0,1; 28,2 oleik asit katsayısı ve 'M' örnek miktarı g cinsinden ağırlığıdır.

3.2.3.5. Renk analizi

Kurutulmuş ve kurutulmamış zeytin hamurlarının renk analizleri, imaj analizi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Numunelerin renk ölçümleri için aşağıda özellikleri belirtilen cihaz ile fotoğrafları çekilmiş ve elde edilen dijital görüntüler ImageJ (v1.53t, National Institutes of Health-NIH, A.B.D.) yazılımı ile işlenerek, numunelerin 5 farklı bölgesinden alınan ölçümlerden renk profilleri çıkartılmış ve renk değerleri RGB skalasında kaydedilmiştir. Daha sonra bu RGB değerleri EasyRGB ("http://www.easyrgb.com", IRO Group Limited) yazılımı ile CIE L*, a* ve b* skalasına çevrilmiştir. Fotoğrafların çekildiği ortamın yeterli ışık alan bir ortam olmasına dikkat edilmiş ve görüntüler dış ortam ışığından en az etkilenecek şekilde elde edilmiştir. Fotoğrafların çekiminde kullanılan cihaza ilişkin kamera parametreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

ΔE*, taze ürün ile örnek arasındaki toplam renk farkını temsil eder. ΔE* ne kadar büyük olursa, örnekler arasındaki renk farkı da o kadar büyük olur. L* aydınlık derecesini ifade etmekte olup 0 ile 100 arasında değişmektedir. L*=0 siyah rengi, L*=100 beyaz rengi ifade etmektedir. a* ve b* değerleri ise renk koordinatlarıdır. a* değeri pozitif yönde kırmızı rengi, negatif yönde ise yeşil rengi temsil etmektedir. b* değeri pozitif yönde sarı rengi, negatif yönde ise mavi rengi temsil etmektedir. Şekil 3.8'de CIE L*, a*, b* renk uzayı gösterilmektedir. ΔE* değeri Eşitlik 3.3'te ifade edilen formülle hesaplanmaktadır.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.3)$$

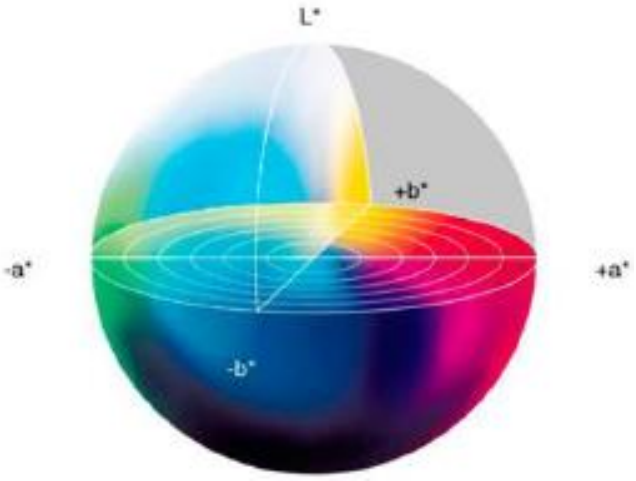
Burada;

ΔL* = L*örnek - L*zeytin hamuru

Δa* = a*örnek - a* zeytin hamuru

Δb* = b*örnek - b* zeytin hamuru

olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 3. 8 L*, a*, b* renk uzayı (Baş ve Özgen, 2022)

Çizelge 3. 1 Renk analizinde kullanılan cihaza ilişkin kamera parametreleri

Parametre	**Değer**
Cihaz marka ve modeli	Apple iPhone 7
Diyafram açıklığı (f durağı)	f/1.8
Odak uzunluğu	4 mm
Flaş	Flaşsız
Pozlandırma dengeleme	0 adım
Kayıt türü	JPEG
Görüntü boyutu	1574 x 2100 piksel
Yakınlaştırma	Yok
Çözünürlük	72 dpi

3.2.3.6. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde miktarı, Folin–Ciocalteu yöntemiyle spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Bu işlem için öncelikle 500 ppm gallik asit çözeltisi metanol ile hazırlanmış, daha sonra bu çözeltiden sırayla 50, 100, 150, 200, ve 250 ppm konsantrasyonda çözeltiler hazırlanmış ve spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda absorbans ölçülmüştür. Farklı gallik asit konsantrasyonlarında hazırlanan standart çözelti ile gallik asit kalibrasyon eğrisi çizilmiştir.

Hazırlanan numunelerden 0.25 g tartılarak üzerlerine 50 mL metanol:su (1:1) karışımı ilave edilmiş ve fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu sağlanmıştır. Numuneler 7000 rpm dönüş hızında 5 dakika boyunca santrifüj edilerek mevcut olabilecek safsızlık ve katı partiküllerin sıvı fazdan ayrılması sağlanmıştır. Santrifüj sonrası süpernatanttan 1 mL alınarak Folin–Ciocalteu metoduna uygun şekilde analiz gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan numuneler küvetlere alınarak saf su ile köre karşı kalibre edilen spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüş ve mg GAE (gallik asit eşdeğeri)/g kuru madde olarak kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklem kullanılarak konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmada Hermle marka (Z 326 K, Hermle Labortechnik GmbH, Wehingen, Almanya) soğutmalı santrifüj cihazı ve Jasco V-730 (Jasco Inc, Easton, MD) marka spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Toplam fenolik madde analizi için kullanılan santrifüj (Şekil 3.9a) ve spektrofotometre (Şekil 3.9b) cihazı gösterilmektedir.



Şekil 3. 9 Toplam fenolik madde analizinde kullanılan santrifüj (a) ve spektrofotometre (b) cihazı

3.2.3.7. İstatistik analizi

Analizlerden elde edilen sonuçların istatistiksel analizi için Minitab 16 (Minitab Inc. A.B.D.) paket programı kullanılarak varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Güven aralığı olarak %95 seçilmiştir. Çoklu karşılaştırma testleri için Tukey A testi kullanılmıştır. Her bir deney koşulu için 2 tekerrür çalışılmış ve ortalama ile standart sapmaları alınmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde yapılan kurutma deneylerinin sonuçları çizelge ve şekiller ile gösterilmiştir. Zeytin hamurlarını kurutmak için üç farklı yöntem kullanılmıştır. Yapılan kurutma çalışmaları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

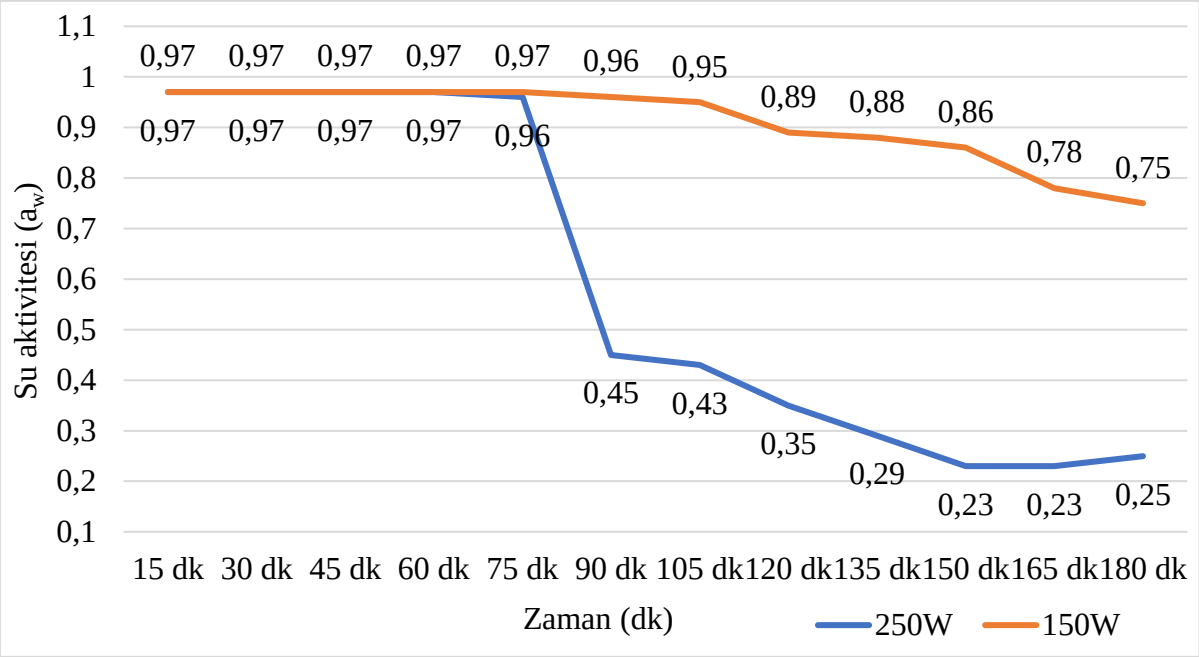
Çizelge 4. 1 Kullanılan kurutma yöntemleri

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi (dk)
Etüv	105℃	240
Kızılötesi	150W, 250W	90, 120, 150, 180
Mikrodalga fırın	140W	12, 14, 16, 18
	364W, 511W	1, 2, 3, 4

Tezin bundan sonraki kısmında Çizelge 4.1'de verilen süre değerleri uzun, orta, kısa ve çok kısa olarak ifade edilmiştir.

4.1. Ön Denemelere Ait Bulgular

Tez çalışmasına başlamadan önce kurutma işleminde kullanılacak güç ve süre aralığını belirlemek amacıyla ön denemeler yapılmıştır. Denemede 150 ve 250W olmak üzere iki kızılötesi lamba kullanılmıştır. Kurutma işlemi sırasında 15 dakikanın katları şeklinde 180 dakikaya kadar devam edilmiştir. Örneklerin desikatörde soğuması beklenmiş ve su aktivitesi değerleri ölçülmüştür. Şekil 4.1 incelendiğinde 150 ve 250W güçte yapılan kurutma işleminde ilk 75 dakika boyunca her iki numunede de su aktivitesi değeri 0,97-0,96 aralığında sabit kalmışken, 75 dakikadan sonra 250W güçte 75 ile 90 dakika aralığında geçen sürede su aktivitesi değerinin 0,96 değerinden 0,45'e azaldığı gözlemlenirken 150W güçte su aktivitesi değerinde belirgin bir azalma görülmemiştir. Şekil 4.1'de 150 ve 250W güçteki kızılötesi lamba ile yapılan kurutma ön denemelerinde elde edilen a_w değeri verilmiştir.



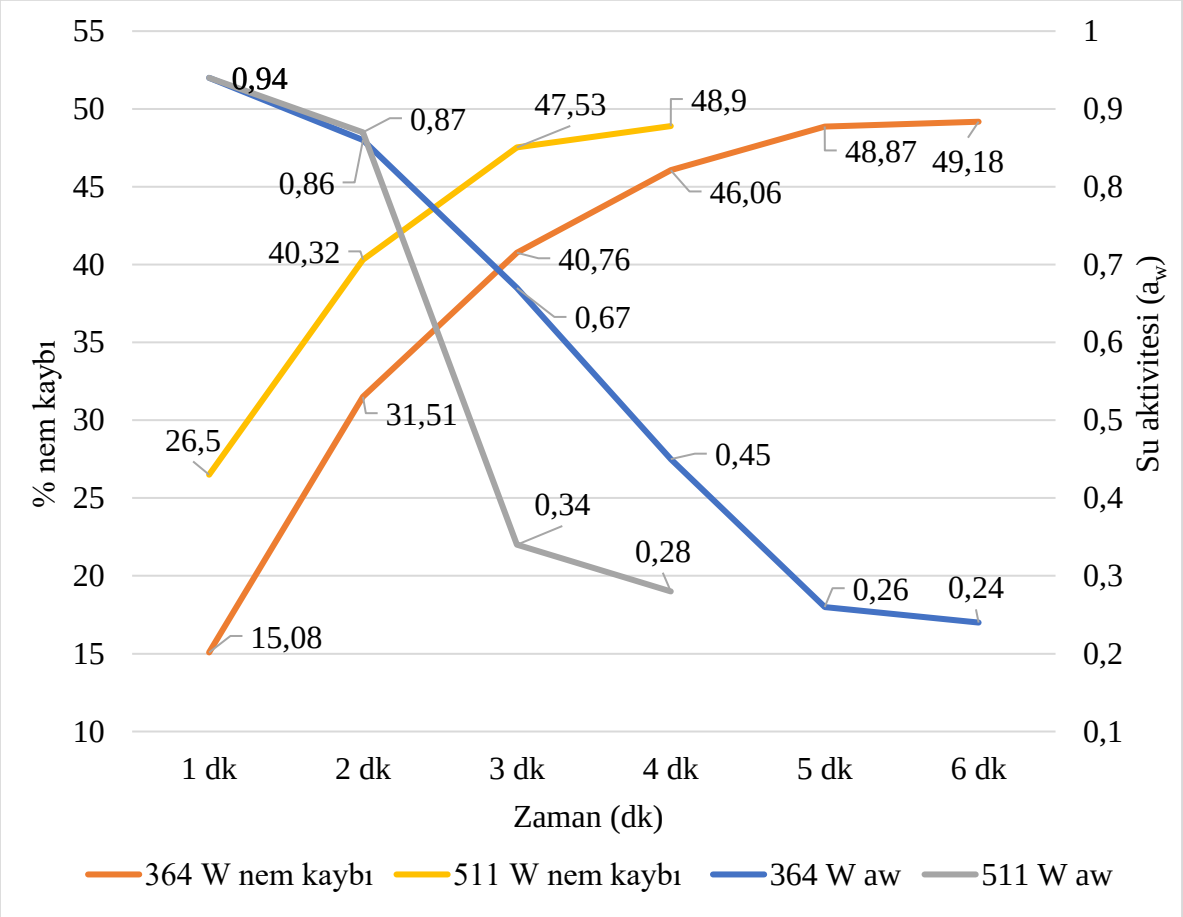
Şekil 4. 1 Kızılötesi lamba ile 150W ve 250W güçte yapılan kurutma ön denemesinde zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerinin zaman ile değişimi

Şekil 4.2'de 250W güçteki kızılötesi lambayla 90 dakikada kuruyan zeytin hamurunun görseli görülmektedir.



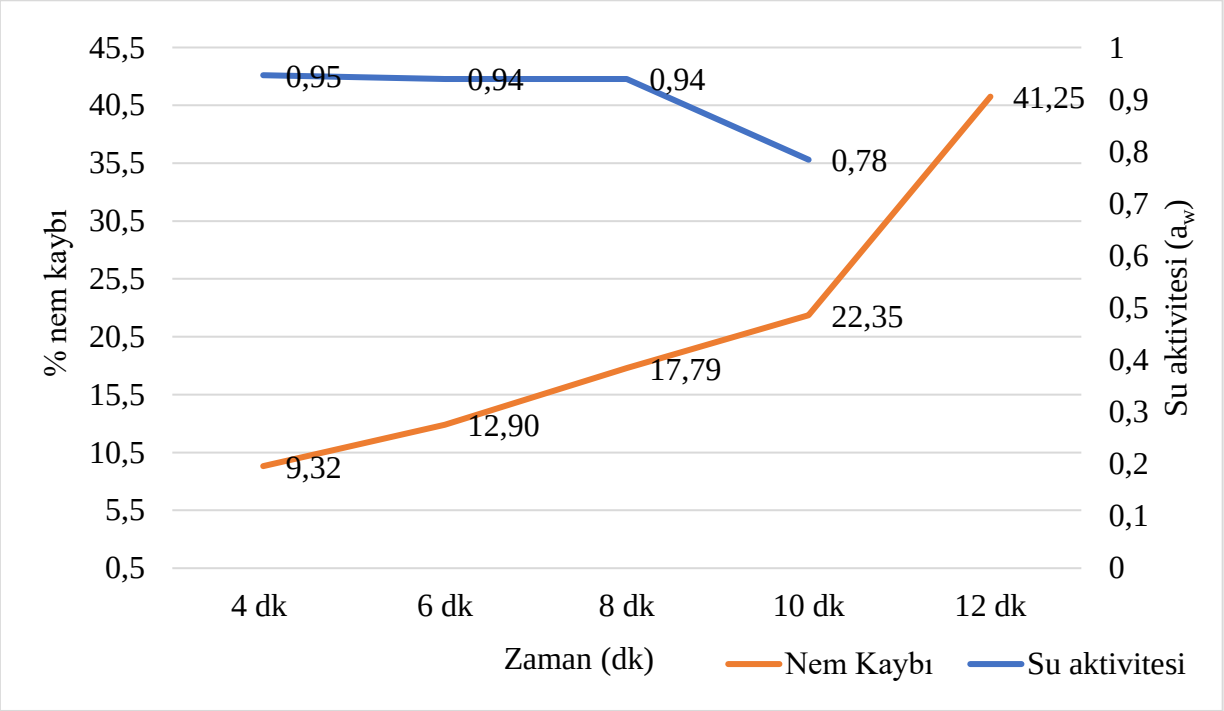
Şekil 4. 2 Kızılötesi kurutmada 250W-90 dakikada kuruyan zeytin hamuru

İkinci ön deneme işlemi 364 ve 511W güçte mikrodalga fırın kullanılarak yapılmıştır. Mikrodalga fırında 1 ila 6 dk arasındaki sürelerde kurutma işlemi denenmiştir. Örneklerin desikatörde soğuması beklenmiş ve ardından nem kaybı hesaplanmıştır. 364W güçte 5 dakikadaki nem kaybı %48,87 olarak bulunmuş, benzer nem kaybı değerine (%48,90) 511W güçte 4 dakikada ulaşılmıştır. 511W güçte kurutulan örneklerde 4 dakikadan sonra, yüksek miktarda ısı transferi dolayısıyla cam numune kabının çatladığı ve numunenin yandığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.3'te mikrodalga fırın ile 364 ve 511W güçte yapılan kurutma ön denemesinden elde edilen nem kaybı ve su aktivitesi değerleri verilmiştir.



Şekil 4. 3 Mikrodalga fırın ile 364W ve 511W güçte yapılan kurutma ön denemesinde zeytin hamurlarının nem kaybı ve su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi

Üçüncü ön deneme işleminde 140W güçte mikrodalga fırın kullanılarak 6, 8, 10 ve 12 dakika kurutma yapılmıştır. Kurutulan örneklerin desikatörde soğuması beklenmiş, su aktivite değerleri ölçülmüş ve nem kaybı hesaplanmıştır. Şekil 4.4 incelendiğinde su aktivitesi düşüş hızı 10 dakikaya kadar az iken, 10 dakikadan sonra daha hızlı bir azalma gözlemlenmiştir. 6 ila 10 dakika aralığında su aktivitesi değeri 0,94-0,95 aralığında bulunurken, 10 dakikadan sonra bu değerin 0,78'e düştüğü gözlemlenmiştir. Nem kaybı değerlerinin ise 4 ila 10 dakika aralığında %9,32 değerinden %22,35 değerine yükseldiği, 12 dakika sonunda ise %41,25 değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.4'te mikrodalga fırın ile 140W güçte yapılan kurutma ön denemesinde elde edilen nem kaybı ve su aktivitesi (a_w) değerleri verilmiştir.

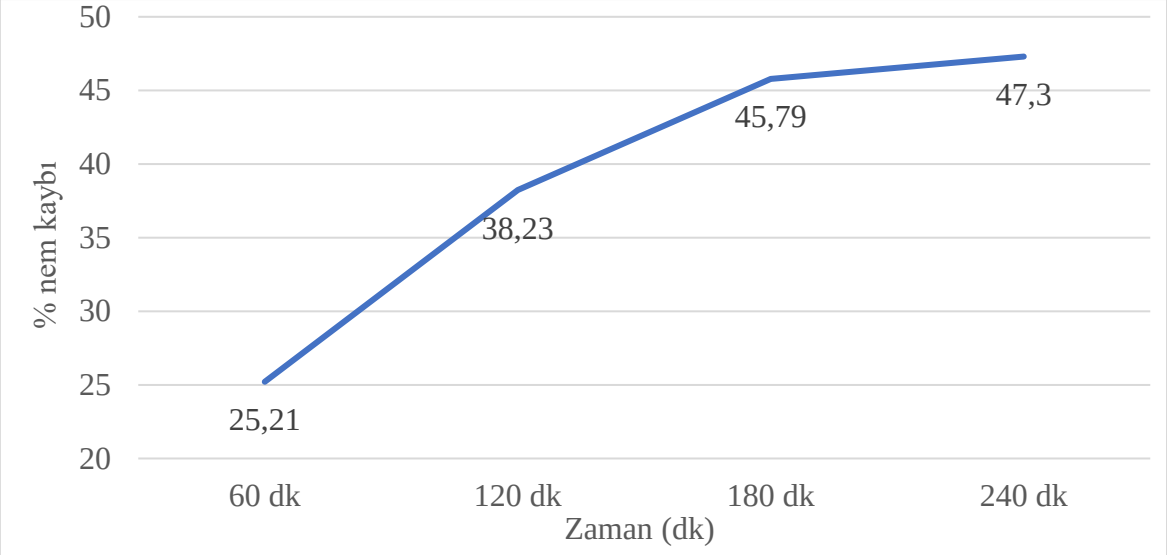


Şekil 4. 4 Mikrodalga fırın ile 140W güçte yapılan kurutma ön denemesinde zeytin hamurlarının nem kaybı ve su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi

4.2. Tez Çalışmasına Ait Bulgular

4.2.1. Kurutulan zeytin hamurlarında nem kaybına ait bulgular

Araştırmada etüv ile yapılan kurutma işlemi 105°C sıcaklıkta 240 dakika sürmüş olup, kurutulan örneklerin nem kaybı değerleri birer saat aralıklarla ölçülmüştür. Etüvde kurutulan örneklerin ortalama nem kaybı değeri 180 dakikalık kurutma sonunda %45,79 bulunurken, 240 dakika sonunda bu değer %47,30'a yükselmiştir. Şekil 4.5'te etüv ile yapılan kurutma ile elde edilen nem kaybı değerleri verilmiştir.



Şekil 4. 5 Etüv ile kurutulan zeytin hamurlarının nem kaybı değerlerinin zamanla değişimi

Farklı yöntemlerle kurutulan zeytin hamurlarının ölçülen nem kaybı değerleri; en yüksek %69,57 ile kızılötesinde 250W güçte uzun sürede, en düşük ise %13,57 ile mikrodalga fırında 364W güçte çok kısa süre kurutmada bulunmuştur. Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama nem kaybı değerleri 250W güçte %68,20; 150W güçte %51,00 olarak bulunmuştur. Kızılötesi kurutma yönteminde daha yüksek güçte çalışıldığında daha yüksek ortalama nem kaybı değerleri elde edilmiştir. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama nem kaybı değerleri 511W güçte %42,49, 364W güçte %33,22 ve 140W güçte %44,95 olarak bulunmuştur. Örneklerin nem kaybı değerlerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama nem kaybı değerleri

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	Nem kaybı (%)
Etüv	105℃	4 saat	47,31±0,16
Kızılötesi	250W	Uzun	69,57±1,27
		Orta	68,61±2,44
		Kısa	68,34±1,74
		Çok kısa	66,26±1,03
	150W	Uzun	59,23±4,10
		Orta	56,32±1,28
		Kısa	46,02±0,24
		Çok kısa	42,42±2,20
Mikrodalga	511W	Uzun	49,98±3,51
		Orta	49,79±0,25
		Kısa	43,08±3,90
		Çok kısa	27,09±0,83
	364W	Uzun	47,96±0,92
		Orta	40,99±2,16
		Kısa	30,37±1,62
		Çok kısa	13,57±2,14
	140W	Uzun	47,87±0,65
		Orta	46,29±1,46
		Kısa	44,67±2,12
		Çok kısa	40,96±0,72

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Kızılötesi yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının nem kaybı miktarı bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma işlem parametreleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4. 3 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	1	1183,21	1183,21	1183,21	270,10	0,000
Süre	3	259,21	259,21	86,40	19,72	0,000
Güç*Süre	3	141,48	141,48	47,16	10,77	0,004
Hata	8	35,05	35,05	4,38		
Toplam	15	1618,95				

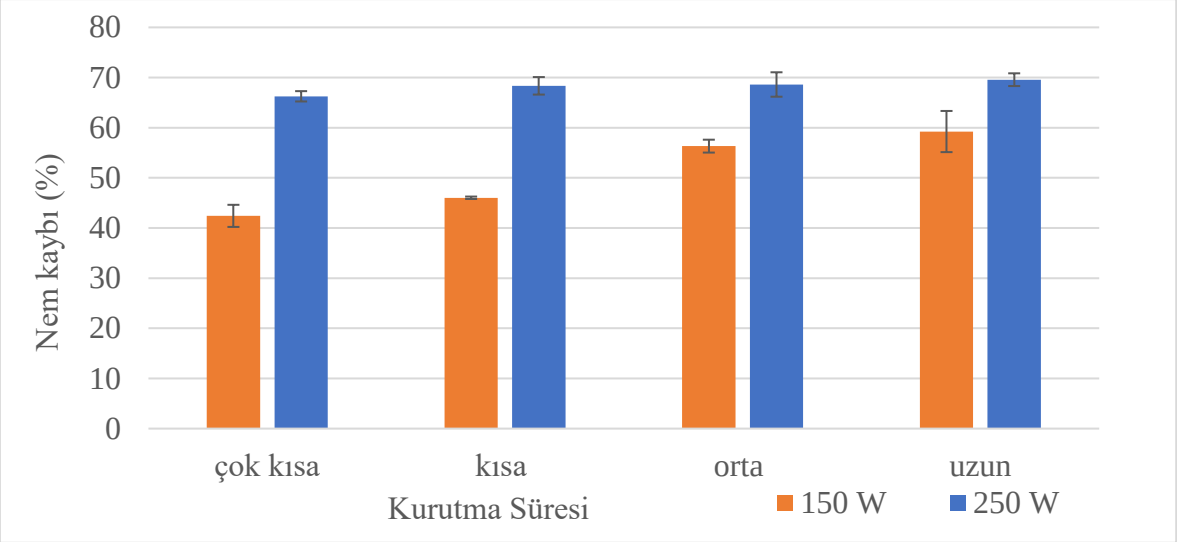
Veriler *$p<0.05$* önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin nem kaybı değerlerine ilişkin istatistiki veriler Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Farklı güçlerde kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama nem kaybı değerlerinin sürenin artmasıyla arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 4 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	Nem kaybı (%)
Kızılötesi	250W	Uzun	$69,57^{A}\pm1,27$
		Orta	$68,61^{A}\pm2,44$
		Kısa	$68,34^{A}\pm1,74$
		Çok kısa	$66,26^{AB}\pm1,03$
	150W	Uzun	$59,23^{BC}\pm4,10$
		Orta	$56,32^{C}\pm1,28$
		Kısa	$46,02^{D}\pm0,24$
		Çok kısa	$42,42^{D}\pm2,20$

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. *($p<0.05$)*



Şekil 4. 6 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait nem kaybının zamanla değişimi

Mikrodalga fırın yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının nem kaybı bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma işlem parametreleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4. 5 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	2	611,51	611,51	305,75	75,59	0,000
Süre	3	1622,16	1622,16	540,72	133,69	0,000
Güç*Süre	6	468,52	468,52	78,09	19,31	0,000
Hata	12	48,54	48,54	4,04		
Toplam	23	2750,72				

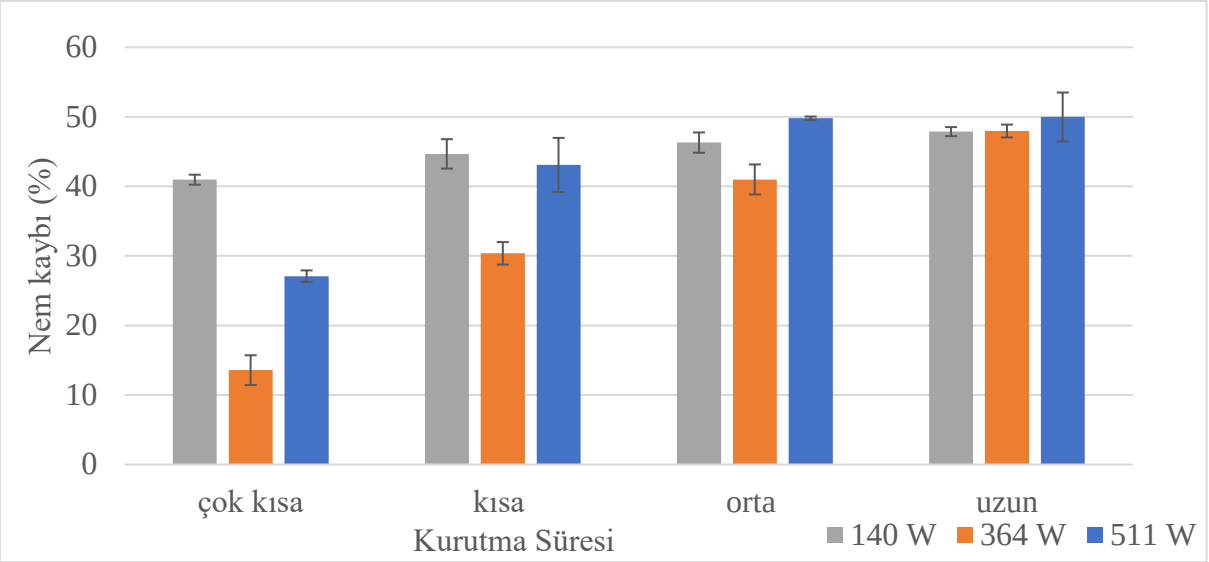
Veriler *p<0.05* önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Mikrodalga fırında kurutulan örneklerin nem kaybına ait sonuçlar ve istatistiki veriler Çizelge 4.6 ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Mikrodalga fırında uzun sürede kurutulan örneklerde 511W güçte %49,98, 364W güçte %47,96 ve 140W güçte %47,87 nem kaybı saptanmıştır. Farklı güçlerde uzun sürede kurutma işleminde istatistiksel olarak örneklerin arasında fark bulunmamıştır.

Çizelge 4. 6 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının nem kaybına ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	Nem kaybı (%)
Mikrodalga	511W	Uzun	$49,98^{A}\pm3,51$
		Orta	$49,79^{A}\pm0,25$
		Kısa	$43,08^{AB}\pm3,90$
		Çok kısa	$27,09^{C}\pm0,83$
	364W	Uzun	$47,96^{AB}\pm0,92$
		Orta	$40,99^{B}\pm2,16$
		Kısa	$30,37^{C}\pm1,62$
		Çok kısa	$13,57^{D}\pm2,14$
	140W	Uzun	$47,87^{AB}\pm0,65$
		Orta	$46,29^{AB}\pm1,46$
		Kısa	$44,67^{AB}\pm2,12$
		Çok kısa	$40,96^{B}\pm0,72$

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (*p<0.05)*



Şekil 4. 7 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarına ait nem kaybının zamanla değişimi

4.2.2. Kurutulan zeytin hamurlarında su aktivitesi değerlerine ait bulgular

Araştırmada kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama su aktivitesi değeri 0,97 olarak bulunmuştur. Ölçülen su aktivitesi değerleri; en yüksek 0,95 ile mikrodalga fırında 364W güçte çok kısa, en düşük ise 0,15 ile etüvde 4 saat kurutmada bulunmuştur. Örneklerin su aktivitesi değerlerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Etüvde 105°C'de kurutulan zeytin hamurlarının su aktivitesi değeri 0,15 bulunmuştur. Gambella vd. (2000)'nin yeşil olgun zeytinlerde (*Olea europaea L.*) 50°C'de kurutma fırınında yaptıkları çalışmada taze zeytinin su aktivitesi değeri 0,98 ve kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesi değer aralığı 0,81-0,94 olarak bulunmuş olup, bizim çalışmamızdan elde edilen sonucun literatür ile kısmen uyumlu olduğu görülmektedir.

Bir diğer çalışmada da tepsili kurutucu kullanılarak yeşil sofralık zeytinlerin (Domat çeşidi) sıcak havayla kurutulması incelenmiştir. Araştırıcılar, 1 m/s hava hızı ve 40, 50, 60 ve 70°C sıcaklık dereceleri kullanarak kurutma işlemi yapmış ve tüm sıcaklık değerlerinde ortalama su aktivitesi değerini 0,69 olarak bulmuşlardır. (Öngen vd.,2005)

Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama su aktivitesi değerleri 250W güçte 0,32; 150W güçte 0,86 olarak bulunmuştur. Kızılötesi kurutma yönteminde daha yüksek güçte çalışıldığında daha düşük ortalama su aktivitesi değerleri elde edilmiştir. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama su aktivitesi değerleri 511W güçte 0,60, 364W güçte 0,73 ve 140W güçte 0,56 olarak bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama su aktivitesi değerleri karşılaştırıldığında en düşük su aktivitesi değeri 140W güçte en yüksek su aktivitesi değerinin ise 364W güçte olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 7 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama su aktivitesi değerleri

Kullanılan yöntemler	**Kurutma şartları**	**Kurutma süresi**	**Su aktivitesi değerleri**
Taze zeytin	-	-	0,97±0,00
Etüv	105°C	4 saat	0,15±0,00
Kızılötesi	250W	Uzun	0,25±0,00
		Orta	0,23±0,01
		Kısa	0,33±0,01
		Çok kısa	0,47±0,02
	150W	Uzun	0,77±0,00
		Orta	0,86±0,03
		Kısa	0,87±0,03
		Çok kısa	0,94±0,00
Mikrodalga	511W	Uzun	0,3±0,03
		Orta	0,34±0,01
		Kısa	0,84±0,04
		Çok kısa	0,93±0,00
	364W	Uzun	0,44±0,07
		Orta	0,67±0,11
		Kısa	0,87±0,01
		Çok kısa	0,95±0,01
	140W	Uzun	0,35±0,05
		Orta	0,5±0,06
		Kısa	0,62±0,05
		Çok kısa	0,79±0,01

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Kızılötesi yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının su aktivitesi bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.8 incelendiğinde; farklı güç ve süre değerleri istatistik olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4. 8 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesine ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	1	1,18614	1,18614	1,18614	3646,08	0,000
Süre	3	0,08930	0,08930	0,02977	91,50	0,000
Güç*Süre	3	0,01241	0,01241	0,00414	12,72	0,002
Hata	8	0,00260	0,00260	0,00033		
Toplam	15	1,29045				

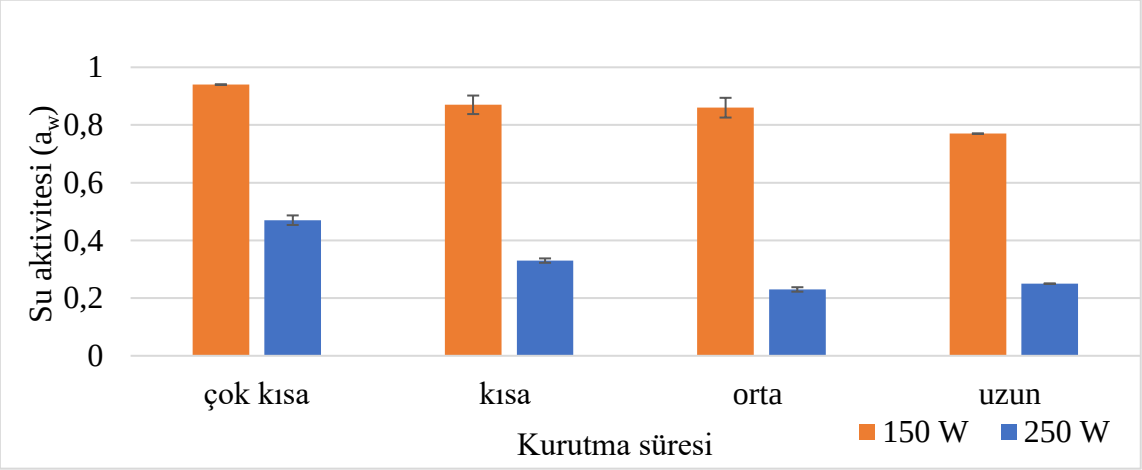
Veriler $p<0.05$ önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Çizelge 4.9 ve Şekil 4.8'de kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin su aktivitesi değerlerine ilişkin istatistiki veriler gösterilmiştir.

Çizelge 4. 9 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	Su aktivitesi değerleri
Kızılötesi	250W	Uzun	0,25 ^{A} ±0,00
		Orta	0,23 ^{A} ±0,01
		Kısa	0,33 ^{B} ±0,01
		Çok kısa	0,47 ^{C} ±0,02
	150 W	Uzun	0,77 ^{D} ±0,00
		Orta	0,86 ^{E} ±0,03
		Kısa	0,87 ^{EF} ±0,03
		Çok kısa	0,94 ^{F} ±0,00

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. ($p<0.05$)



Şekil 4. 8 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi

Mikrodalga fırın ile kurutulan zeytin hamurlarının su aktivitesi bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4. 10 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	**S.D.**	**Ardışık K.T.**	**Ayarlanmış K.T.**	**Ayarlanmış K.O.**	**F**	**P**
Güç	2	0,11895	0,11895	0,05947	25,61	0,000
Süre	3	1,05963	1,05963	0,35321	152,09	0,000
Güç*Süre	6	0,11249	0,11249	0,01875	8,07	0,001
Hata	12	0,02787	0,02787	0,00232		
Toplam	23	1,31893				

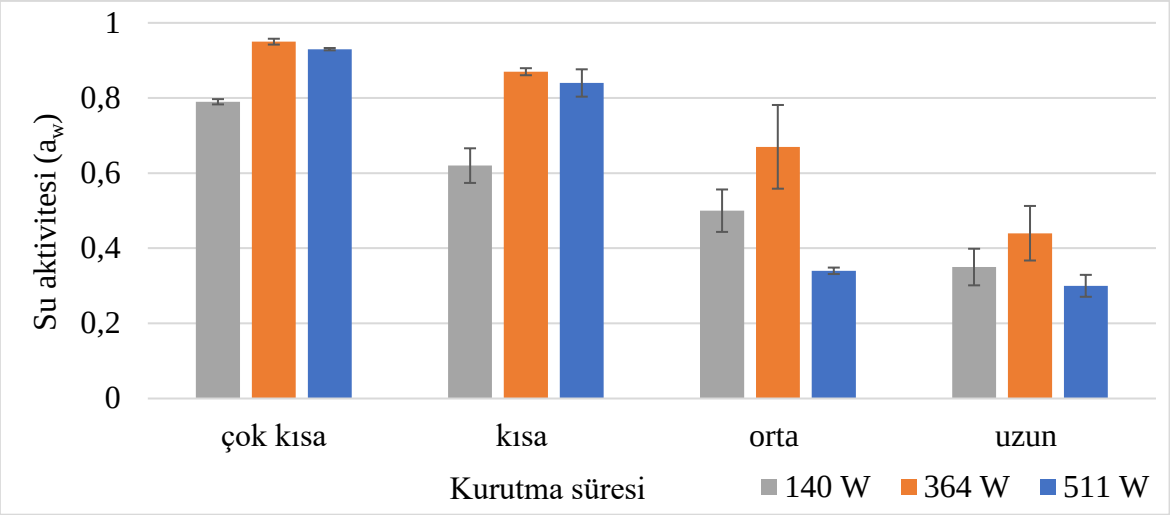
Veriler *p<0.05* önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Mikrodalga fırında kurutulan örneklerin su aktivitesi değerlerine ilişkin istatistiki veriler Çizelge 4.11 ve Şekil 4.9' da gösterilmiştir. 511 ve 364W güçte kurutma işleminde çok kısa ve kısa sürede kurutmada işleminde su aktivitesi değerlerinin düşüşü benzerlik gösterirken, orta sürede kurutulan örneklerde 511W güçte 364 W'a göre daha hızlı su aktivitesi düşüşü gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 11 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının su aktivitesi değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	**Kurutma şartları**	**Kurutma süresi**	**Su aktivitesi değerleri**
Mikrodalga	511W	Uzun	0,3 ^{G} ±0,03
		Orta	0,34 ^{FG} ±0,01
		Kısa	0,84 ^{AB} ±0,04
		Çok kısa	0,93 ^{A} ±0,00
	364W	Uzun	0,44 ^{EFG} ±0,07
		Orta	0,67 ^{BCD} ±0,11
		Kısa	0,87 ^{A} ±0,01
		Çok kısa	0,95 ^{A} ±0,01
	140W	Uzun	0,35 ^{FG} ±0,05
		Orta	0,5 ^{DEF} ±0,06
		Kısa	0,62 ^{CDE} ±0,05
		Çok kısa	0,79 ^{ABC} ±0,01

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (*p<0.05)*



Şekil 4. 9 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait su aktivitesi değerlerinin zamanla değişimi

4.2.3. Kurutulan zeytin hamurlarında pH değerlerine ait bulgular

Taze zeytin meyvesinin ortalama pH değeri 5,32 olarak bulunmuştur. Numunelerin tamamında ise pH değerleri 5,16-6,29 arasında bulunmuştur. Literatürde ise, yeşil olgun zeytinlerde (*Olea europaea L.*) 50℃'de hava akışına sahip kurutma fırınında yapılan çalışmada taze zeytinin pH değeri 4,8 ve kurutulmuş zeytin hamurlarının pH aralığı 5,10-5,25 olarak bulunmuştur. (Gambella vd., 2000). Çalışmamızda kurutulan zeytin hamurlarının pH değerlerinin literatürdeki verilerle uyumlu olduğu görülmüştür.

Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama pH değerleri 250W güçte 5,17; 150W güçte 5,63 olarak bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama pH değerleri 511, 364 ve 140W güçte sırasıyla 5,35, 5,30 ve 5,34 olarak bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama pH değerleri karşılaştırıldığında örneklerin pH değerlerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. Kurutulmuş zeytin hamurlarının pH değerlerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4. 12 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama pH değerleri

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	pH değerleri
Taze zeytin	-	-	5,32±0,02
Etüv	105℃	4 saat	5,26±0
Kızılötesi	250W	Uzun	5,16±0,02
		Orta	5,18±0,02
		Kısa	5,18±0,01
		Çok kısa	5,19±0,04
	150W	Uzun	5,49±0,37
		Orta	5,49±0,33
		Kısa	5,26±0,23
		Çok kısa	6,29±0,26
Mikrodalga	511W	Uzun	5,39±0,01
		Orta	5,33±0,04
		Kısa	5,22±0,01
		Çok kısa	5,48±0,21
	364W	Uzun	5,41±0,12
		Orta	5,22±0,00
		Kısa	5,22±0,00
		Çok kısa	5,37±0,02
	140W	Uzun	5,44±0,04
		Orta	5,32±0,02
		Kısa	5,35±0,01
		Çok kısa	5,26±0,01

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Kızılötesi yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının pH değerleri bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4. 13 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının pH değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	1	0,82810	0,82810	0,82810	17,19	0,003
Süre	3	0,64145	0,64145	0,21382	4,44	0,041
Güç*Süre	3	0,59315	0,59315	0,19772	4,10	0,049
Hata	8	0,38540	0,38540	0,04818		
Toplam	15	2,44810				

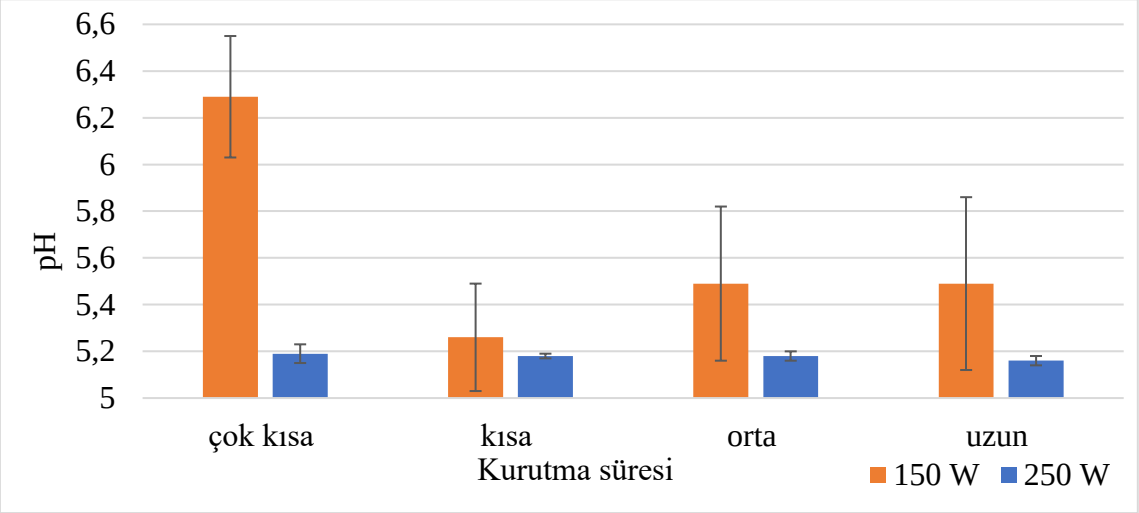
Veriler *$p<0.05$* önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Çizelge 4.14 ve Şekil 4.10'da kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin pH değerlerine ilişkin istatistiki veriler gösterilmiştir. Kızılötesi yöntemde 150W güçte elde edilen örneklerde, 250W güce göre daha yüksek pH değerleri elde edildiği görülmüştür.

Çizelge 4. 14 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının pH değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	pH değerleri
Kızılötesi	250W	Uzun	5,16 ^{A} ±0,02
		Orta	5,18 ^{A} ±0,02
		Kısa	5,18 ^{A} ±0,01
		Çok kısa	5,19 ^{A} ±0,04
	150W	Uzun	5,49 ^{AB} ±0,37
		Orta	5,49 ^{AB} ±0,33
		Kısa	5,26 ^{A} ±0,23
		Çok kısa	6,29 ^{B} ±0,26

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (*p<0.05)*



Şekil 4. 10 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait pH değerlerinin zamanla değişimi

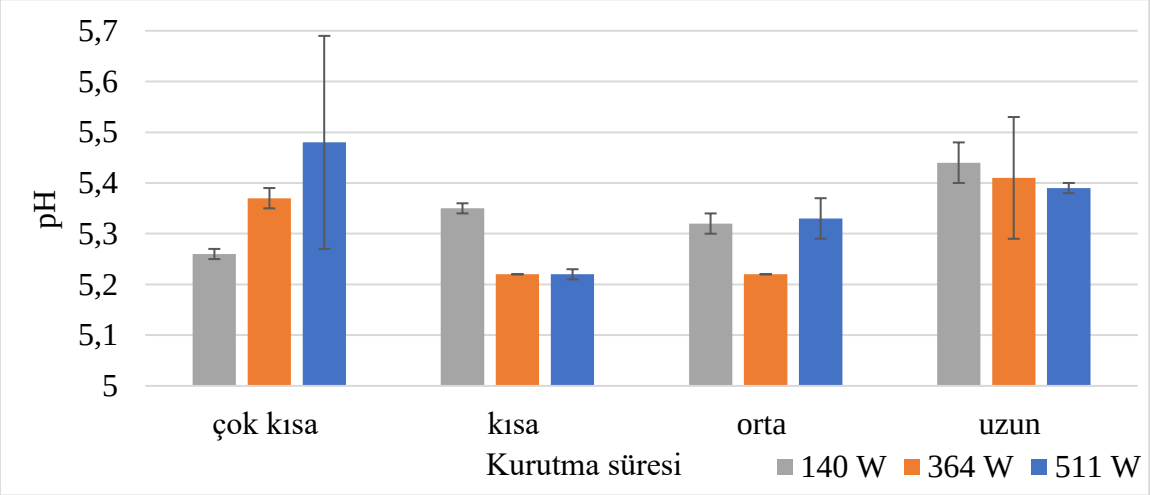
Mikrodalga fırın yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının pH bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar p<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.15 incelendiğinde, farklı sürelerde elde edilen pH değerleri arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu görülmüş, ancak farklı güçlerde elde edilen pH değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 15 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının pH değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	2	0,011008	0,011008	0,005504	0,97	0,406
Süre	3	0,084879	0,084879	0,028293	5,00	0,018
Güç*Süre	6	0,078258	0,078258	0,013043	2,31	0,103
Hata	12	0,067850	0,067850	0,005654		
Toplam	23	0,241996				

Veriler $p<0.05$ önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Şekil 4.11'de mikrodalga fırında kurutulan örneklerin pH değerleri gösterilmiştir Mikrodalga fırında farklı güçlerde uzun süre kurutulan örneklerin pH değerleri benzer olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 11 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait pH değerlerinin zamanla değişimi

4.2.4. Kurutulan zeytin hamurlarında serbest asitlik değerlerine ait bulgular

Örneklerdeki serbest asitlik değeri % oleik asit cinsinden bulunmuştur. Çalışmada kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama serbest asitlik değeri %1,5 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş zeytin hamurlarının ise ortalama asitlik değerleri %1,30 ile %2,78 arasında bulunmuştur. Analizler sonucunda kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik değerleri belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama serbest asitlik değerleri 250W güçte %1,78; 150W güçte ise %1,63 olarak bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama serbest asitlik değerleri 511, 364 ve 140W güçte sırasıyla %1,85, %1,92 ve %1,38 olarak bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama serbest asitlik değerlerine karşılaştırıldığında en düşük serbest asitlik değeri 140W güçte, en yüksek serbest asitlik değeri ise 364W güçte ölçülmüştür.

Çizelge 4. 16 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama serbest asitlik değerleri

Kullanılan yöntemler	**Kurutma şartları**	**Kurutma süresi**	**Serbest asitlik değerleri (% oleik asit)**
Taze zeytin	-	-	1,5±0,18
Etüv	105°C	4 saat	1,66±0,01
Kızılötesi	250W	Uzun	1,89±0,02
		Orta	1,62±0,34
		Kısa	1,94±0,01
		Çok kısa	1,65±0,04
	150W	Uzun	1,4±0,4
		Orta	1,67±0,01
		Kısa	1,94±0,01
		Çok kısa	1,52±0,19
Mikrodalga	511W	Uzun	1,62 ±0,09
		Orta	1,52 ±0,24
		Kısa	1,49 ±0,53
		Çok kısa	2,78 ±0,02
	364W	Uzun	1,83±0,08
		Orta	1,33±0,01
		Kısa	2,32 ±0,09
		Çok kısa	2,18±0,02
	140W	Uzun	1,51±0,21
		Orta	1,33±0,01
		Kısa	1,37±0,01
		Çok kısa	1,3±0,02

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

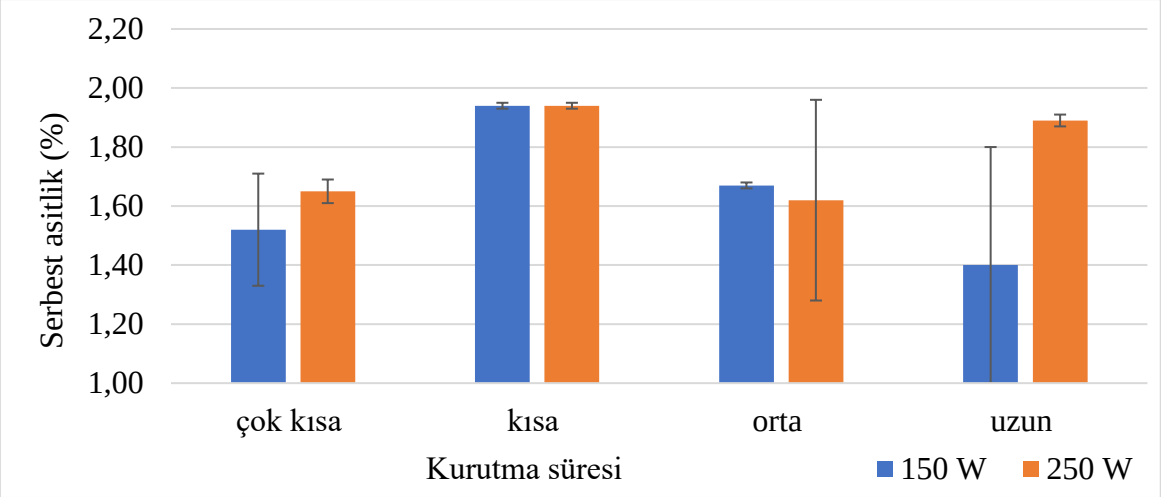
Kızılötesi yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının serbest asitlik bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4. 17 Kızılötesinde kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	1	0,07981	0,07981	0,07981	1,97	0,198
Süre	3	0,30492	0,30492	0,10164	2,51	0,133
Güç*Süre	3	0,18517	0,18517	0,06172	1,52	0,282
Hata	8	0,32455	0,32455	0,04057		
Toplam	15	0,89444				

Veriler $p<0.05$ önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin serbest asitlik değerleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Kızılötesi yöntemle farklı güçlerde kısa sürede kurutulan örneklerin serbest asitlik değerlerinin benzer olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 12 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına serbest asitlik değerlerinin zamanla değişimi

Mikrodalga fırın yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının serbest asitlik bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Çizelge 4. 18 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	2	1,39328	1,39327	0,69664	19,77	0,000
Süre	3	1,46835	1,46835	0,48945	13,89	0,000
Güç*Süre	6	2,06699	2,06699	0,34450	9,78	0,000
Hata	12	0,42275	0,42275	0,03523		
Toplam	23	5,35136				

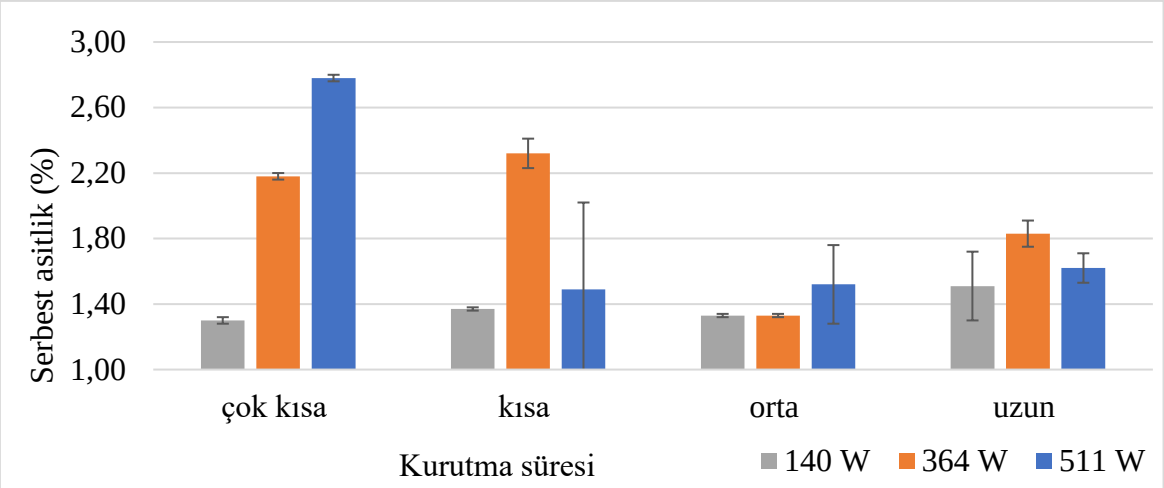
Veriler $p<0.05$ önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.13'te kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin serbest asitlik değerlerine ilişkin istatistiki veriler gösterilmektedir.

Çizelge 4. 19 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	Serbest asitlik değerleri (% oleik asit)
Mikrodalga	511W	Uzun	1,62 ^{BCD} ±0,09
		Orta	1,52 ^{CD} ±0,24
		Kısa	1,49 ^{CD} ±0,53
		Çok kısa	2,78 ^{A} ±0,02
	364W	Uzun	1,83 ^{BCD} ±0,08
		Orta	1,33 ^{D} ±0,01
		Kısa	2,32 ^{AB} ±0,09
		Çok kısa	2,18 ^{ABC} ±0,02
	140W	Uzun	1,51 ^{CD} ±0,21
		Orta	1,33 ^{D} ±0,01
		Kısa	1,37 ^{D} ±0,01
		Çok kısa	1,3 ^{D} ±0,02

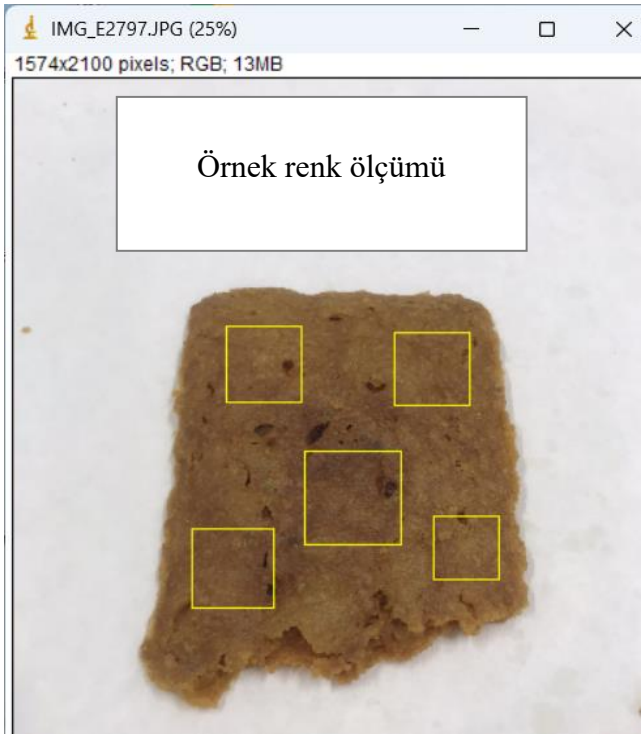
Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. ($p<0.05$)



Şekil 4. 13 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına serbest asitlik değerlerinin zamanla değişimi

4.2.5. Kurutulan zeytin hamurlarında renk analizi değerlerine ait bulgular

Taze zeytinin ve kurutulmuş zeytin hamurlarının renk analiz değerleri belirlenmiş ve bu amaçla numunelerin 5 farklı bölgesinden fotoğrafları çekilmiştir. Şekil 4.14'te renk analizi gerçekleştirilen bir zeytin hamuru örneği görülmektedir.



Şekil 4. 14 Renk analizi gerçekleştirilen zeytin hamuru örneği

Araştırmamızda kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama renk analiz değerleri L*= 51,15, a*= -1,95 ve b*= 24,84 olarak bulunmuştur. Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da sırasıyla taze zeytin hamuru ve etüvde kurutulan zeytin hamurunun renk analizinde kullanılan görselleri görülmektedir. Kızılötesi ile kurutulan zeytin hamurlarının ortalama L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 29,16; 6,2 ve 9,77 ve mikrodalga ile kurutulan zeytin hamurlarının ortalama L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 35,29; 7,25 ve 18,54 olarak bulunmuştur.

Zeytin örneklerinin tepsili kurutucuda sıcak hava ile kurutulduğu bir çalışmada, kurutma işlemi örneklerin L* (51,46- 32,35) ve b* (31,65-17,03) değerlerini düşürürken, a* değerini -0,62'den 1,95'e yükseltmiştir. (Erbay vd., 2010). Çizelge 4.20 incelendiğinde etüv kullanılarak kurutulan zeytin hamurlarının da L*(51,15-31,78) ve b*(24,84-7,30) değerlerinde bir düşüş gözlenirken, a* değerinin -1,95'ten 9,02 değerine yükseldiği görülmektedir. Elde edilen sonucun literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Kızılötesi yöntemle farklı sürelerde kurutulan örneklerin ortalama L*, a* ve b* değerleri 250W güçte sırasıyla 32,82, 7,16 ve 10,93; 150W güçte L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 25,50, 5,42 ve 8,62 olarak bulunmuştur. Kızılötesi kurutma yönteminde 250W güçte elde edilen örneklerde, 150W güce göre daha yüksek ortalama L*, a* ve b* değerleri elde edilmiştir. Mikrodalga fırında kurutulan örneklerin L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 511W'ta 35,81, 7,02 ve 19,58; 364W'ta 38,26, 4,36 ve 22,51 ve 140W'ta 31,8, 10,37 ve 13,54 olarak bulunmuştur. Mikrodalga fırında kurutulan örneklerin en büyük L* ve b* değeri 364W güçte bulunurken, en büyük a* değeri 140 W'ta bulunmuştur.

CIE L* , a* , b* renk düzleminde renkler arasındaki farkların alınmasıyla elde edilen ΔE* değeri karşılaştırılan örnekler arasındaki toplam renk farkını temsil etmekte olup, ΔE* ne kadar büyük olursa, örnekler arasındaki renk farkı da o kadar büyük olur. Çizelge 4.20 incelendiğinde kızılötesi yöntemde 150W güçte orta sürede ΔE* değeri 32,98 bulunmuş ve taze zeytin ile arasında büyük bir renk farkı olduğu görülmüştür. Taze zeytin hamurunun rengine en yakın olan kurutma yöntemi ise ΔE* değeri 5,14 ile 364W güçte çok kısa sürede bulunmuştur.

Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama ΔE* renk farkı değerleri 250W güçte 24,89; 150W güçte 31,24 olarak bulunmuştur. Kızılötesi kurutma yönteminde daha yüksek güçte çalışıldığında daha açık renkte örnekler elde edilmiştir. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama ΔE* renk değerleri 511, 364 ve 140W güçte sırasıyla 19,08, 15,37 ve 25,93 olarak bulunmuştur. Etüvde kurutulan örneklerin ortalama ΔE* renk değerleri ise 28,34 bulunmuştur. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında, 364W mikrodalga gücünde elde edilen örneklerin taze zeytine daha yakın renkte olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 20 Kurutulan zeytin hamurlarının renk analiz değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	L*	a*	b*	ΔE*
Referans beyaz	-	-	90,69±1,56	0,87±0,37	-0,63±0,82	-
Zeytin hamuru	-	-	51,15±3,39	-1,95±0,57	24,84±1,52	-
Etüv	105℃	4 saat	31,78±1,15	9,02±0,46	7,30±1,24	28,34±2,26
Kızılötesi	250W	Uzun	38,91±5,73	7,05±0,96	10,80±2,16	20,68±2,45
		Orta	30,21±4,20	6,95±0,65	10,94±2,26	26,66±1,10
		Kısa	33,03±3,26	7,57±0,68	12,36±1,77	23,97±0,30
		Çok kısa	29,15±5,38	7,07±0,53	9,63±2,34	28,22±2,09
	150W	Uzun	26,06±2,97	5,88±1,46	7,96±3,10	31,23±1,86
		Orta	24,03±4,43	5,02±0,63	7,41±3,00	32,98±1,80
		Kısa	25,19±5,93	5,06±0,59	8,51±2,93	31,45±2,90
		Çok kısa	26,74±2,61	5,73±0,47	10,61±2,42	29,28±1,19
Mikrodalga	511W	Uzun	35,95±3,94	11,30±0,86	19,31±1,61	20,90±0,62
		Orta	37,77±2,31	10,30±0,53	22,53±1,52	18,28±1,08
		Kısa	27,80±1,05	4,30±0,54	13,71±1,31	26,61±2,34
		Çok kısa	41,73±1,84	2,20±0,33	22,78±0,83	10,49±1,71
	364W	Uzun	39,95±1,11	8,90±0,40	26,28±0,97	15,66±2,35
		Orta	30,21±1,45	5,02±0,51	15,81±2,32	23,84±2,09
		Kısa	35,45±1,84	2,64±0,37	20,91±1,56	16,82±1,56
		Çok kısa	47,46±1,77	0,88±0,41	27,05±1,24	5,14±1,65
	140W	Uzun	29,66±1,54	10,96±0,41	12,86±0,76	27,78±2,00
		Orta	28,92±1,65	10,89±0,40	13,00±0,97	28,27±1,83
		Kısa	38,49±3,15	12,34±1,18	18,90±2,65	19,99±1,30
		Çok kısa	30,13±2,58	7,31±0,87	9,40±2,20	27,67±1,09

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Kurutulan ürünlerde önemli bir kalite kriteri olan renk analizi sonuçlarına ilişkin Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 incelendiğinde 250W güçte kurutulan zeytin hamurlarının, 150W güçte kurutulan zeytin hamurlarına göre rengini daha iyi koruduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak, daha düşük güçte kurutulduğu için yüksek su içeriğine sahip zeytin hamurundaki özellikle enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının daha hızlı gerçekleştiği düşünülmektedir. Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının daha hızlı gerçekleşmesiyle daha koyu renkli zeytin hamurları elde edilmiştir.

Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21 incelendiğinde mikrodalga ile kurutulan zeytin hamurlarında daha düşük güçte çalışıldıkça daha koyu renkli ürünler elde edilmiştir. Tüm resimler birlikte değerlendirildiğinde, genel bir yaklaşım olarak, mikrodalga ile kurutma sonucunda elde edilen örneklerin renkleri kızılötesi kurutmadan elde edilen örneklerin renklerine göre daha açık renklidir. Bunun sebebi olarak ise, kızılötesi kurutma süresinin mikrodalga kurutma süresine nispeten çok daha uzun olduğu için, bu sürede gerçekleşen esmerleşme reaksiyonları olduğu öne sürülebilir.



Şekil 4. 15 Taze zeytin hamuru



Şekil 4. 16 Etüvde kurutulan zeytin hamurunun kuruma sonrası durumu



(a) (b) (c) (d)

Şekil 4. 17 Kızılötesi 250W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa



(a) (b) (c) (d)

Şekil 4. 18 Kızılötesi 150W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa



(a) (b) (c) (d)

Şekil 4. 19 Mikrodalga fırında 511W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa



(a) (b) (c) (d)

Şekil 4. 20 Mikrodalga fırında 364W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa



(a) (b) (c) (d)

Şekil 4. 21 Mikrodalga fırında 140W güçte kurutulan zeytin hamurlarının kuruma sonrası durumları (a) uzun (b) orta (c) kısa (d) çok kısa

Kızılötesi yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının renk analizi L*, a* ve b* değerleri bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOVA çizelgeleri incelendiğinde; farklı güçlerde elde edilen renk analizi değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunurken, farklı sürelerde elde edilen renk analiz değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. (Çizelge 4.21). Çizelge 4.22 ve Şekil 4.22 incelendiğinde; farklı güç ve sürelerde a* ve b* değerleri arasında önemli fark gözlemlenmezken, L* değerleri arasında istatiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmiştir.

Mikrodalga fırın yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının renk analizi L*, a* ve b* değerleri bakımından yapılan ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.23-4.24 ve Şekil 4.23 incelendiğinde; L* ve a* değerlerine ait varyans analizinde süre istatistik olarak önemli bulunurken, b* değerlerine ait varyans analizinde süre istatistik olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4. 21 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

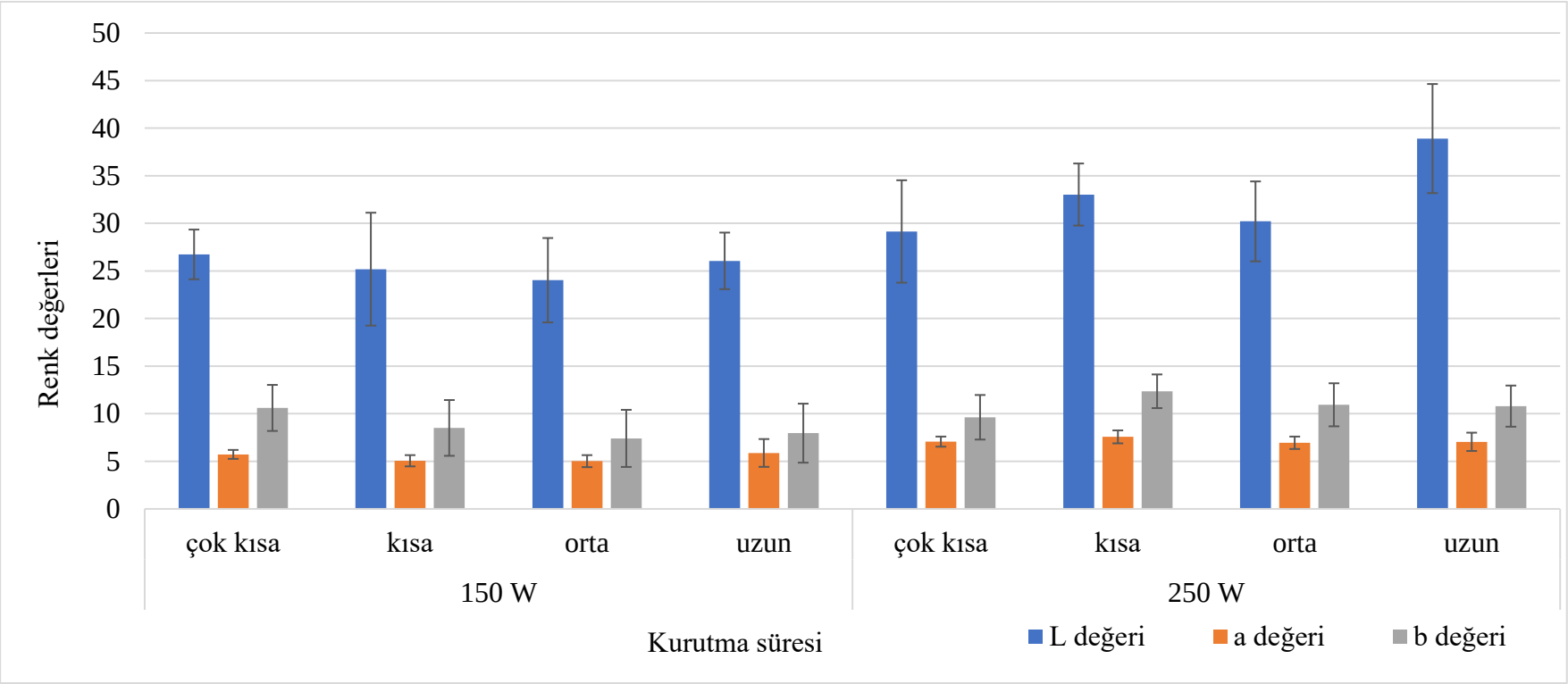
Kaynak	S.D.	L*					a*					b*				
		Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	1	214,15	214,154	214,154	22,48	0,001	12,0774	12,0774	12,0774	28,66	0,001	21,356	21,356	21,356	10,95	0,011
Süre	3	66,798	66,798	22,266	2,34	0,150	0,5379	0,5379	0,1793	0,43	0,740	4,274	4,274	1,425	0,73	0,562
Güç*Süre	3	56,227	56,227	18,742	1,97	0,197	1,1135	1,1135	0,3712	0,88	0,491	14,893	14,893	4,964	2,55	0,129
Hata	8	76,202	76,202	9,525			3,3711	3,3711	0,4214			15,600	15,600	1,950		
Toplam	15	413,38					17,0998					56,123				

Veriler *p<0.05* önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Çizelge 4. 22 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	L*	a*	b*
Kızılötesi	250W	Uzun	38,91 ^{A} ±5,73	7,05 ^{A} ±0,96	10,80 ^{A} ±2,16
		Orta	30,21 ^{AB} ±4,20	6,95 ^{A} ±0,65	10,94 ^{A} ±2,26
		Kısa	33,03 ^{AB} ±3,26	7,57 ^{A} ±0,68	12,36 ^{A} ±1,77
		Çok kısa	29,15 ^{AB} ±5,38	7,07 ^{A} ±0,53	9,63 ^{A} ±2,34
	150W	Uzun	26,06 ^{B} ±2,97	5,88 ^{A} ±1,46	7,96 ^{A} ±3,10
		Orta	24,03 ^{B} ±4,43	5,02 ^{A} ±0,63	7,41 ^{A} ±3,00
		Kısa	25,19 ^{B} ±5,93	5,06 ^{A} ±0,59	8,51 ^{A} ±2,93
		Çok kıssa	26,74 ^{AB} ±2,61	5,73 ^{A} ±0,47	10,61 ^{A} ±2,42

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0.05)



Şekil 4. 22 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait L*, a*, b* renk değerlerinin zamanla değişimi

Çizelge 4. 23 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

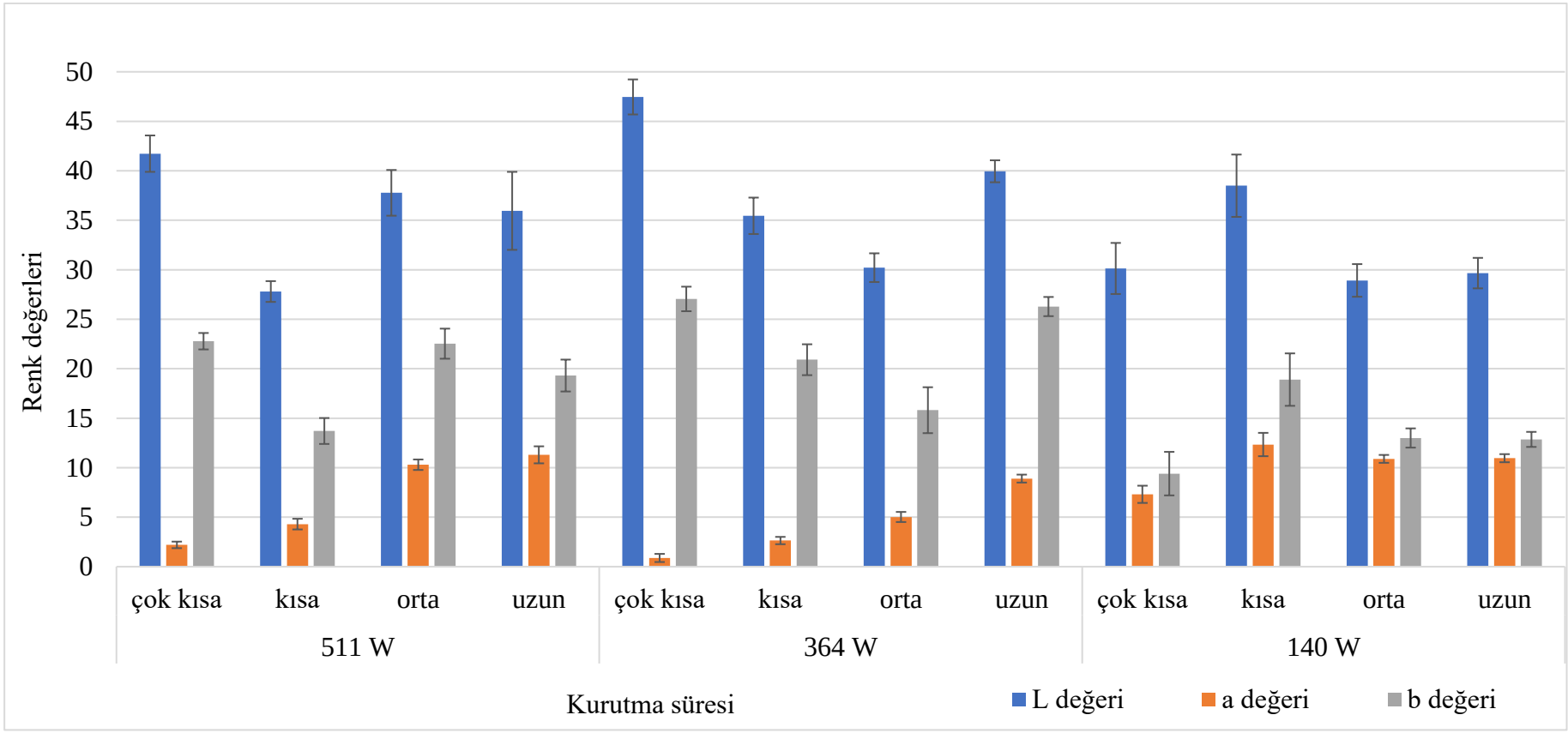
Kaynak	S.D.	L*					a*					b*				
		Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	2	170,528	170,528	85,264	12,82	0,001	145,387	145,387	72,693	129,83	0,000	334,807	334,807	167,404	17,45	0,000
Süre	3	185,664	185,664	61,888	9,30	0,002	162,423	162,423	54,141	96,70	0,000	29,197	29,197	9,732	1,01	0,420
Güç*Süre	6	462,002	462,002	77,000	11,57	0,000	56,958	56,958	9,493	16,95	0,000	335,403	335,403	55,901	5,83	0,005
Hata	12	79,828	79,828	6,652			6,719	6,719	0,560			115,091	115,091	9,591		
Toplam	23	898,021					371,487					814,498				

Veriler $p<0.05$ önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Çizelge 4. 24 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının L*, a* ve b* değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	L*	a*	b*
Mikrodalga	511 W	Uzun	35,95 ^{BCDE} ±3,94	11,30 ^{AB} ±0,86	19,31 ^{ABC} ±1,61
		Orta	37,77 ^{ABCDE} ±2,31	10,30 ^{AB} ±0,53	22,53 ^{AB} ±1,52
		Kısa	27,80 ^{E} ±1,05	4,30 ^{E} ±0,54	13,71 ^{BC} ±1,31
		Çok kısa	41,73 ^{AB} ±1,84	2,20 ^{EF} ±0,33	22,78 ^{AB} ±0,83
	364 W	Uzun	39,95 ^{ABC} ±1,11	8,90 ^{BC} ±0,40	26,28 ^{A} ±0,97
		Orta	30,21 ^{CDE} ±1,45	5,02 ^{DE} ±0,51	15,81 ^{ABC} ±2,32
		Kısa	35,45 ^{BCDE} ±1,84	2,64 ^{EF} ±0,37	20,91 ^{ABC} ±1,56
		Çok Kısa	47,46 ^{A} ±1,77	0,88 ^{F} ±0,41	27,05 ^{A} ±1,24
	140 W	Uzun	29,66 ^{DE} ±1,54	10,96 ^{AB} ±0,41	12,86 ^{BC} ±0,76
		Orta	28,92 ^{DE} ±1,65	10,89 ^{AB} ±0,40	13,00 ^{BC} ±0,97
		Kısa	38,49 ^{ABCD} ±3,15	12,34 ^{A} ±1,18	18,90 ^{ABC} ±2,65
		Çok kısa	30,13 ^{CDE} ±2,58	7,31 ^{CD} ±0,87	9,40 ^{C} ±2,20

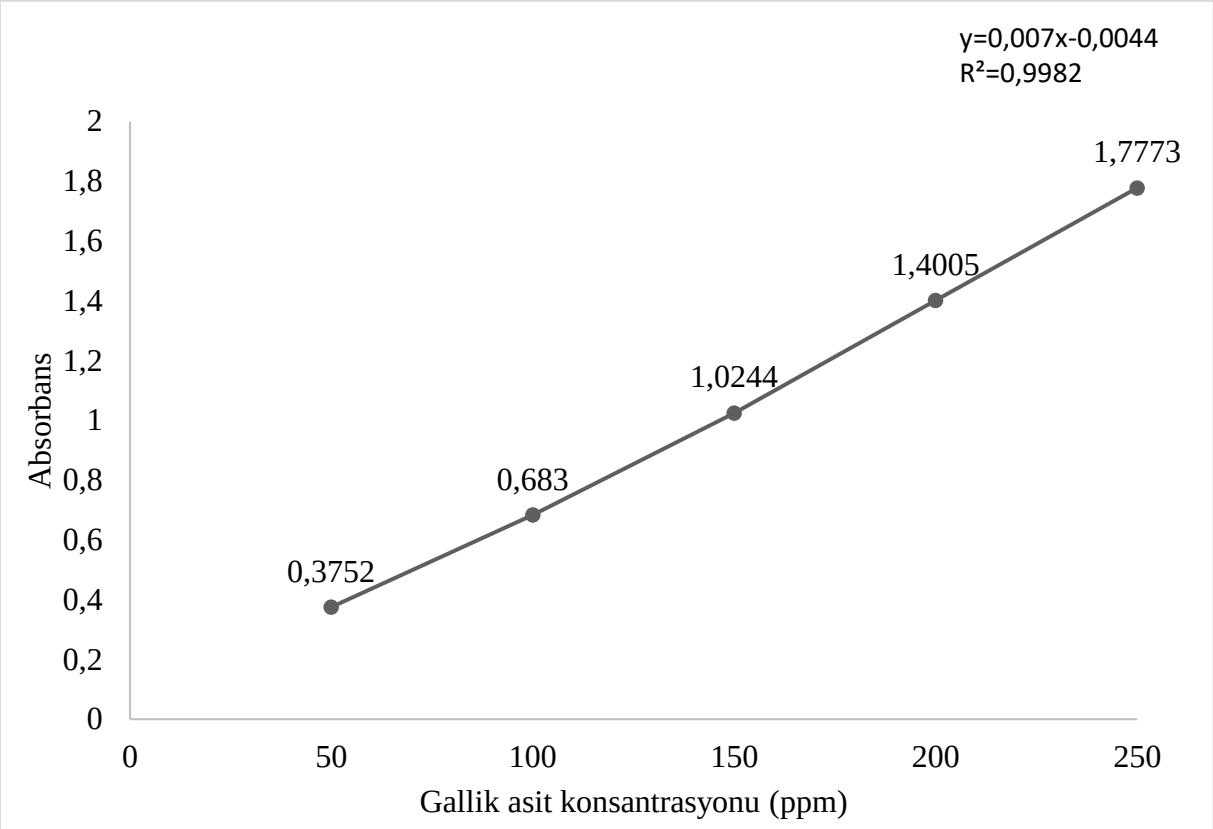
Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (*p<0.05)*



Şekil 4. 23 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarına ait L*, a*, b* renk değerlerinin zamanla değişimi

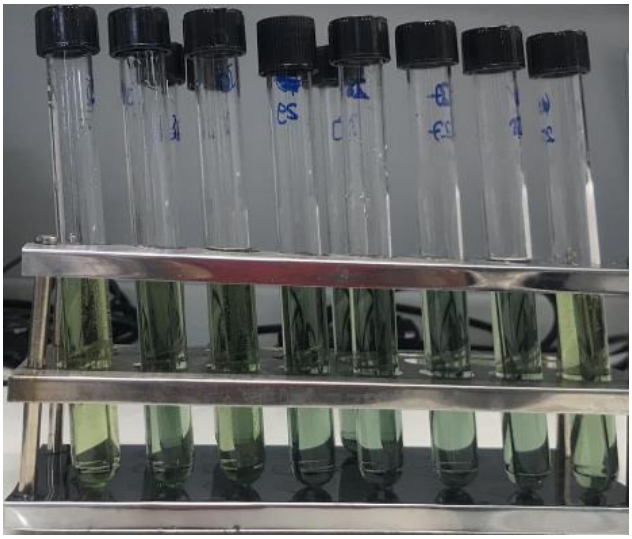
4.2.6. Kurutulan zeytin hamurlarında toplam fenolik madde miktarına ait bulgular

Kurutulan zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir. Bu nedenle ilk olarak gallik asit kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. 500 ppm stok gallik asit çözeltisi metanol ile hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisi çizilmesi için 50-250 ppm konsantrasyon aralığındaki gallik asit çözeltileri kullanılmıştır. Gallik asit kalibrasyon eğrisi Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4. 24 Gallik asit kalibrasyon eğrisi

Kurutulan zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarları, çizilen gallik asit kalibrasyon eğrisinden elde edilen denkleme göre toplam fenolik madde içeriği mg GAE (gallik asit eşdeğer)/g kuru madde olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.25'te toplam fenolik madde analizi için absorbansı okunacak numuneler görülmektedir.



Şekil 4. 25 Toplam fenolik madde analizine ait görüntü

Araştırmamızda kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama toplam fenolik madde değeri 5,91 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Ölçülen ortalama toplam fenolik madde değerleri; en yüksek 511W mikrodalga güçte orta sürede 13,65 mg GAE/g olarak bulunurken; en düşük 150W kızılötesi güçte çok kısa sürede 6,02 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Yapılan kurutma çalışması sonucunda örneklerin ortalama toplam fenolik madde değerlerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25'e göre kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama toplam fenolik madde miktarları 250W güçte 9,87 mg GAE/g ve 150W güçte 7,35 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama toplam fenolik madde değerleri 511, 364 ve 140W güçte sırasıyla 10,94; 11,62 ve 10,52 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Mikrodalga fırında kurutulan örneklerin ortalama toplam fenolik madde miktarları kızılötesi yöntem ile kurutulan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4. 25 Kurutulan zeytin hamurlarının ortalama toplam fenolik madde miktarları

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	Toplam fenolik madde değerleri (mg GAE/g)
Taze zeytin	-	-	5,91±0,1
Etüv	105℃	4 saat	7,76±1,07
Kızılötesi	250W	Uzun	10,09±1,01
		Orta	9,56±0,5
		Kısa	10,22±1,35
		Çok kısa	9,64±1,93
	150W	Uzun	10,62±0,14
		Orta	6,52±0,44
		Kısa	6,24±0,88
		Çok kısa	6,02±1,83
Mikrodalga	511W	Uzun	9,18±0,44
		Orta	13,65±0,14
		Kısa	10,00±2,52
		Çok kısa	10,94±1,83
	364W	Uzun	13,44±0,24
		Orta	13,34±0,86
		Kısa	12,11±1,95
		Çok kısa	7,61±1,25
	140W	Uzun	12,11±1,91
		Orta	13,00±0,3
		Kısa	10,09±1,01
		Çok kısa	9,56±0,5

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

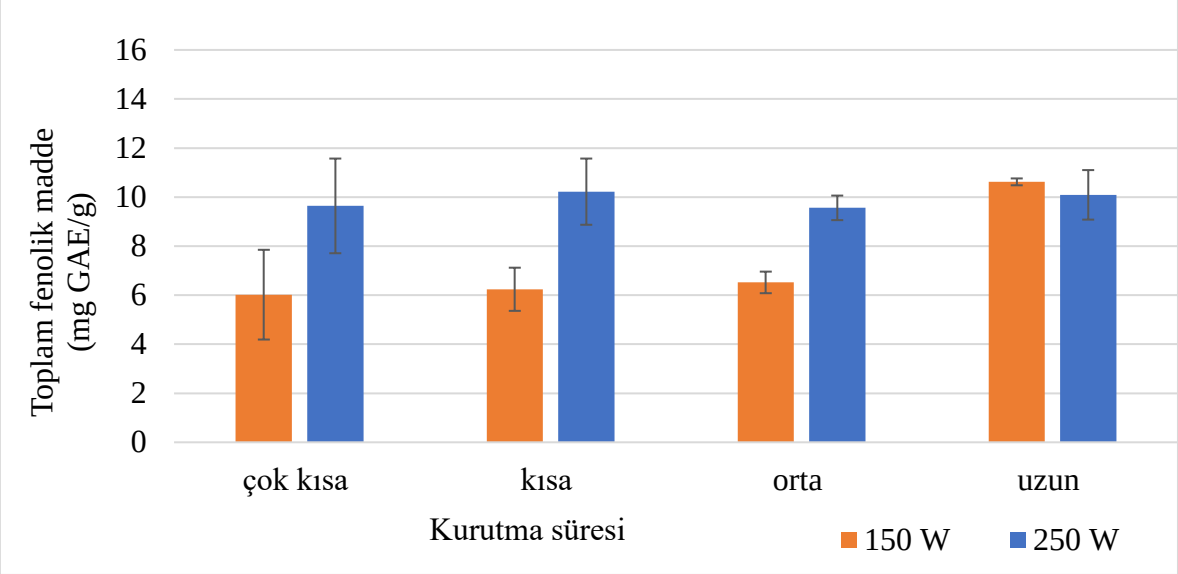
Kızılötesi yöntemiyle kurutulan zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarına ilişkin ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.26 incelendiğinde; güç istatistik olarak önemli bulunurken süre istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4. 26 Kızılötesinde kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde değerlerine ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	1	25,575	25,575	25,575	18,17	0,003
Süre	3	16,521	16,521	5,507	3,91	0,055
Güç*Süre	3	12,913	12,913	4,304	3,06	0,092
Hata	8	11,257	11,257	1,407		
Toplam	15	66,265				

Veriler $p<0.05$ önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Şekil 4.26' da kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin toplam fenolik madde miktarlarının süreye göre değişimleri görülmektedir.



Şekil 4. 26 Kızılötesi lamba ile kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarının zamanla değişimi

Mikrodalga fırında kurutulan zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarına ait ANOVA testi sonucunda kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.27 incelendiğinde; farklı sürelerde elde edilen toplam fenolik madde miktarı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüş, ancak farklı güçlerde elde edilen toplam fenolik madde miktarı değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 27 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarına ait varyans analizi (ANOVA)

Kaynak	S.D.	Ardışık K.T.	Ayarlanmış K.T.	Ayarlanmış K.O.	F	P
Güç	2	4,616	4,616	2,308	1,37	0,292
Süre	3	64,924	64,924	21,641	12,81	0,000
Güç*Süre	6	37,098	37,098	6,183	3,66	0,027
Hata	12	20,268	20,268	1,689		
Toplam	23	126,906				

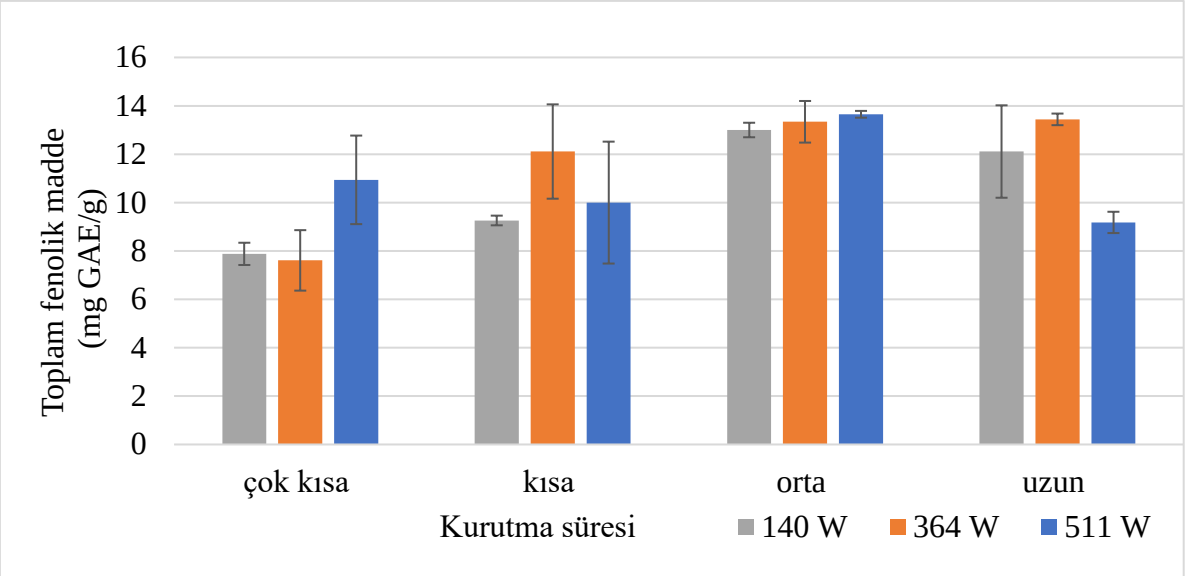
Veriler $p<0.05$ önem değerine göre analiz edilmiştir. S.D.: serbestlik derecesi; K.T.: kareler toplamı; K.O.: kareler ortalaması

Çizelge 4.28 ve Şekil 4.27'de mikrodalga fırında kurutulan örneklerin toplam fenolik madde miktarlarına ilişkin istatistiki veriler gösterilmektedir.

Çizelge 4. 28 Mikrodalga fırında kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde değerlerine ait istatistiksel sonuçlar

Kullanılan yöntemler	Kurutma şartları	Kurutma süresi	Toplam fenolik madde değerleri (mg GAE/g)
Mikrodalga	511W	Uzun	9,18 ^{ABC} ±0,44
		Orta	13,65 ^{A} ±0,14
		Kısa	10,00 ^{ABC} ±2,52
		Çok kısa	10,94 ^{ABC} ±1,83
	364W	Uzun	13,44 ^{A} ±0,24
		Orta	13,34 ^{A} ±0,86
		Kısa	12,11 ^{ABC} ±1,95
		Çok kısa	7,61 ^{C} ±1,25
	140W	Uzun	12,11 ^{ABC} ±1,91
		Orta	13,00 ^{AB} ±0,3
		Kısa	10,09 ^{ABC} ±1,01
		Çok kısa	9,56 ^{BC} ±0,5

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklı harf içeren ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. ($p<0.05$)



Şekil 4. 27 Mikrodalga fırın ile kurutulmuş zeytin hamurlarının toplam fenolik madde miktarlarının zamanla değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı kurutma teknikleri ve kurutma koşullarında kurutulan zeytin hamurlarına ait bulgulardan yola çıkılarak, tez çalışması kapsamında ulaşılan bazı önemli noktalar ve öneriler şu şekilde özetlenebilir:

Araştırmada kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama su aktivitesi değeri 0,97 olarak bulunmuştur. Farklı yöntemlerle kurutulan zeytin hamurlarının ölçülen nem kaybı değerleri; en yüksek %69,57 ile kızılötesinde 250W güçte uzun sürede, en düşük %13,57 ile mikrodalga fırında 364W güçte çok kısa süreli kurutmada bulunmuştur. Su aktivitesi değerlerinde ise en yüksek 0,95 ile mikrodalga fırında 364W güçte çok kısa süre kurutmada elde edilirken, en düşük su aktivitesi değeri etüvde 4 saat kurutmada 0,15 olarak bulunmuştur. 250W güçte kurutulan örneklerin ortalama % nem kaybı değerleri 150W güçte kurutulan örneklerin nem kaybı değerlerinden daha yüksek bulunurken, su aktivitesi değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Kurutulmamış zeytinin ortalama pH değeri 5,32 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş numunelerin pH değerleri 5,16-6,29 aralığında bulunmuştur. Kızılötesi yöntemde 150W güçte elde edilen örneklerin pH değerleri, 250W güçteki örneklere göre daha yüksek bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama pH değerleri karşılaştırıldığında örneklerin pH değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Kurutulmamış zeytinin ortalama serbest asitlik değeri %1,5 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş zeytin hamurlarının serbest asitlik (% oleik asit) değerleri ise %1,30-2,78 aralığında bulunmuştur. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama serbest asitlik değerleri karşılaştırıldığında, en düşük serbest asitlik değeri 140W güçte, en yüksek serbest asitlik değeri ise 364W güçte saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama renk değerleri L*= 51,1, a*= -1,95 ve b= 24,84 olarak bulunmuştur. Kızılötesi kurutma yönteminde 250W güçte kurutulan örneklerde, 150W güçte elde edilen örneklere göre daha yüksek ortalama L*, a* ve b* değerleri elde edilmiştir. Mikrodalga fırında kurutulan örneklerde en yüksek L* ve b* değeri 364W güçte bulunurken, en yüksek a* değeri 140W'ta bulunmuştur.

Etüvde kurutulan örneklerin ortalama ΔE* renk değerleri ise 28,34 bulunmuştur. Kızılötesi yöntemle kurutulan örneklerin ortalama ΔE* renk değerleri 250W güçte 24,89; 150W güçte ise 31,24 olarak bulunmuştur. Kızılötesi kurutma yönteminde daha yüksek güçte çalışıldığında daha açık renkte örnekler elde edilmiş ve kurutulan zeytin hamurlarına göre rengini daha iyi koruduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak, daha düşük güçte kurutulduğu için yüksek su içeriğine sahip zeytin hamurundaki özellikle enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının daha hızlı gerçekleştiği düşünülmektedir. Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının daha hızlı gerçekleşmesiyle daha koyu renkli zeytin hamurları elde edilmiştir. Mikrodalga yöntemle kurutulan örneklerin ortalama ΔE* renk değerleri 511, 364 ve 140W güçte sırasıyla 19,08, 15,37 ve 25,93 olarak bulunmuştur. Mikrodalga fırında kurutulan zeytin hamurlarında daha düşük güçte çalışıldıkça daha koyu renkli ürünler elde edilmiştir. Genel bir yaklaşım olarak, mikrodalga ile kurutma sonucunda elde edilen örneklerin renkleri kızılötesi kurutmadan elde edilen örneklerin renklerine göre daha açık renklidir. Bunun sebebi olarak ise, kızılötesi kurutma süresinin mikrodalga kurutma süresine nispeten çok daha uzun olduğu için, bu sürede gerçekleşen esmerleşme reaksiyonları olduğu öne sürülebilir.

Araştırmada kullanılan taze zeytin meyvesinin ortalama toplam fenolik madde miktarı 5,91 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Ölçülen ortalama toplam fenolik madde miktarları; en yüksek 511W mikrodalga gücünde orta sürede 13,65 mg GAE/g olarak bulunurken; en düşük 150W kızılötesi güçte çok kısa sürede kurutmada 6,02 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Mikrodalga fırında kurutulan örneklerin toplam fenolik madde miktarları kızılötesi yöntem ile kurutulan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Sonuç olarak, mikrodalga ve kızılötesi enerjiler kullanılarak kurutulan zeytin hamurlarının geleneksel yöntemle kurutulan numunelere göre çok daha hızlı ve etkin bir şekilde kuruduğu gözlenmiş olup, bu iki yenilikçi teknolojinin geleneksel kurutma yöntemlerine alternatif olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Aktaş, M., İlbaş, M., Yalçın, A., & Şahin, M. (2013). *Kızılötesi Işınımlı Bir Kurutucuda Kuruma Davranışlarının Deneysel İncelenmesi*. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(4), 767–775.

Alwazeer, D. (2018). *Kuru Gıdaların Rengini Muhafaza Etmeye Yönelik Yeni Bir Teknik : İndirgen Atmosferik Kurutma*. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(4), 125–131. https://doi.org/10.21597/jist.418232

Baş, D., & Özgen, S. (2022). *Gıda Analizlerinde Akıllı Telefon ile Renk Ölçümü: Spektrofotometrik Ölçüme Kolay ve Düşük Maliyetli Bir Alternatif*. 2nd International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies, Bildiri Kitapçığı (Full Papers), s 112–122. 7-9 Mayıs 2022, Ankara, Türkiye.

Baysal, T., Icier, F., Ersus, S., & Yıldız, H. (2003). *Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic*. European Food Research and Technology, 218, 68–73. https://doi.org/10.1007/s00217-003-0791-3

Bianchi, G. (2003). *Lipids and phenols in table olives*. European Journal of Lipid Science and Technology, 105(5), 229-242. https://doi.org/10.1002/ejlt.200390046

Binboğa, Ö. (2020). *Yoğunlaştırılmış güneş kolektörleri ile zeytin karasuyunun bertarafının incelenmesi.* [Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=wf-FPgY-5qjHEzEoOgvMs-8aK7XbYOPq6j7AwUdPtmkMEbaYjh4cJUJVIMNrgbD6

Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S. S., & Akyıldız, A. (2015). *Zeytin Pirinasının Mikrodalga Enerjisi Kullanılarak Kurutulması ve Uygun İnce Tabaka Modelinin Belirlenmesi.* Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(2), 21-31.

Çınar, İ. (2006). *Gıda Kurutma Teknolojisinde Matematik Modellerin Kullanımı*, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bildiri Kitapçığı s 805–806. Bolu, Türkiye.

Efe, R., Soykan, A., Cürebal, İ., & Sönmez, S. (2013). *Dünyada, Türkiye'de, Edremit Körfezi Çevresinde Zeytin ve Zeytinyağı.* Edremit Belediyesi Kültür Yayınları No: 7.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Erbay, B., Üçgül, İ., Küçüksayan, S., & Küçüköner, E. (2010). *Physical, Sensorial, Color and Rehydration Properties of Dried Green Olive Slices.* Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(3), 246–250.

FAO. (2021). *FAOSTAT Veri Tabanı.* Erişim: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx, Erişim tarihi: 24.03.2023.

Gambella, F., Piga, A., Agabbio, M., Vacca, V., & D'hallewin, G. (2000). *Effect of Different Pre-treatments on Drying of Green Table Olives (Ascolana tenera var.).* Grasas y Aceites, 51(3), 173–176. https://doi.org/10.3989/gya.2000.v51.i3.475

Gülcü, M., & Demirci, A. Ş. (2008). *Zeytin ve Yaprağındaki Biyoaktif Bileşenler ve Sağlık Üzerine Etkileri,* I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi Bildiri Kitapçığı, s 194-198. Edremit, Balıkesir, Türkiye.

Han, M. B. (2019). *Mantar kurutmada infrared kurutma tekniğinin kullanılması.* [Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=aEzj_IdWAsjiSAfK3qwrBsNEC0PWve1z2Lf8p_K0P1-DMqE8scaR63Lv9nOx761-

Karaaslan, S. (2012). *Meyve ve Sebzelerin Mikrodalga Destekli Kurutma Sistemleri ile Kurutulması*. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(2), 123–129.

Kumcuoğlu, S., Tavman, Ş., Yıldırım, C., & Çetin, D. (2008). *Yeşil zeytinlerin kurumasında sıcaklığın etkisinin incelenmesi.* Gıda, 33(6), 269-273.

Lewicki, P. P. (1998). *Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue properties: A review*. International Journal of Food Properties, 1(1), 1–22. https://doi.org/10.1080/10942919809524561

Mafra, I., & Coimbra, M. A. (2004). *Improving the texture of processed fruit: the case of olives. In D. Kilcast (Ed.), Texture in Food – Volume 2: Solid Foods* (pp. 410-431). Woodhead Publishing Limited. http://doi.org/10.1533/978185538362.3.410

KAYNAKLAR DİZİNİ

Öngen, G., Sargın, S., Tetik, D., & Köse, T. (2005). *Hot Air Drying of Green Table Olives.* Food Technology and Biotechnology, 43(2), 181–187.

Özdemir, Y., Aktepe Tangu, N., Öztürk, A., Yavaş, H., Özkan, M., Fındık, M., & Aydoğan, Ş. (2016). *Kurutma ile Sofralık Zeytin Üretimi ve Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi*. Proje Sonuç Raporu (TAGEM/HSGYAD/14/A05/P03/61), Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Yayın no: 332.

Özsoy, E. (2015). *Mikrodalga bantlı kurutucuda elma (Gala) dilimlerinin kuruma davranışı*. [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=sY7m19PfcL6F1NUw-cr80A6G5skzq3mlJtb1vXB3FbiXvEj5fU1FsAnoTtPFASds

Öztürk, A. (2010). *Bazı yenilebilir mantar türlerinde farklı önişlem ve kurutma yöntemlerinin kalite özellikleri ve besin öğeleri üzerine etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=zD1B0cW7zVr3VcnZjitVXs13Pr-DlpCYjBUo9S2VzSF3Fe3OM_6k-P7vVtEUI_nS

Sakar, E., & Ünver, H. (2011). *Türkiye'de Zeytin Yetiştiriciliğinin Durumu ve Ülkemizde Yapılan Bazı Seleksiyon Ve Adaptasyon Çalışmaları.* Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(2), 19–25. http://dergipark.gov.tr/harranziraat/issue/18435/194131

Taşova, M., Ergüneş, G., Gerçekcioğlu, R., & Karagül, Ş. (2019). *Konvektif ve mikrodalga yöntemlerle kurutulan kuşburnu (RosamontanaChaixsubsp. woronovii (Lonacz) Ö. Nilsson) meyvelerinde kalite değişimleri.* Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34(3), 312–318. https://doi.org/10.7161/omuanajas.541230

Tetik, H. D. (2005). *Sofralık zeytin işleme teknikleri*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No: 53. https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/1848

KAYNAKLAR DİZİNİ

Tezcan, D., Sabancı, S., Cevik, M., Cokgezme, O. F., & Icier, F. (2021). *Infrared drying of dill leaves: Drying characteristics, temperature distributions, performance analyses and colour changes.* Food Science and Technology International, 27(1), 32–45. https://doi.org/10.1177/1082013220929142

TÜBİTAK. (2023). *Işık Tayfı Nedir?* Erişim: https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/isik-tayfi-nedir, Erişim tarihi: 15.03.2023.

TÜİK. (2021). *Bitkisel Üretim İstatistikleri*. Erişim: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/, Erişim tarihi: 12.05.2023.

UİB Ar&Ge Şubesi. (2021). *Zeytin Raporu.* Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği. 13 s.

Ünlüel, İ., & Aydın, Ö. (2016). *Bir Zeytin Fenoliği Olan Oleuropeinin Sağlığımız Üzerine Etkileri.* Zeytin Bilimi, *6*(2), 77–81.

Yılmaz, M. S. (2015). *Brokolinin Mikrodalga Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Modellenmesi.* [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=WY5CM7tPNE2z_YM6pBu0t2_bCIUAkA2c4XL3NW7Xk2Geh88zUmh0lAFLDND5MyPS