T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI

ERİĞİN KURUTULMASINDA MİKRODALGA TEKNİĞİNİN ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Dilay KART

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI



MANİSA–2017

Tez Sırtı Örneği

Dilay KART	**ERİĞİN KURUTULMASINDA MİKRODALGA TEKNİĞİNİN ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**	**2017**

TEZ ONAYI

Dilay KART tarafından hazırlanan **"ERİĞİN KURUTULMASINDA MİKRODALGA TEKNİĞİNİN ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ"** adlı tez çalışması 22/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'**nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak savunulmuş ve **oybirliği** ile başarılı olarak kabul edilmiştir.

Danışman	**Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI** Manisa Celal Bayar Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU** Manisa Celal Bayar Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Ünal Rıza YAMAN** Ege Üniversitesi	.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Dilay KART

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
TABLO DİZİNİ	VI
TEŞEKKÜR	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Erik	3
2.2. Kurutma	9
2.2.1. Mikrodalga Kurutma	10
2.3. Gıdaların Kurutulmasına İlişkin Çalışmalar	13
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	20
3.1. Materyal	20
3.1.1.Çalışmada Kullanılan Erik	20
3.1.2.Örneklerin Hazırlanması	20
3.1.3. Kimyasal Malzemeler	22
3.1.4. Alet ve Cihazlar	22
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Kurutma Denemelerinin Düzenlenmesi	23
3.2.2. Örneklerin Kurutulması	24
3.2.2.1. Güneşte Doğal Kurutma	25
3.2.2.2. Mikrodalga Kurutma	25
3.2.3. Analiz Yöntemleri	27
3.2.3.1. Fiziksel Analizler	28
3.2.3.1.1 Toplam Kuru Madde (TKM)Tayini	28
3.2.3.1.2. Kuruma Süresi	28
3.2.3.1.3. Renk Tayini	29
3.2.3.1.4. Su Aktivitesi Tayini	30
3.2.3.1.5. Rehidrasyon Oranı	30
3.2.3.1.6. Serbest Yığın Yoğunluğu	31
3.2.3.1.7. Partikül Yoğunluğu	31
3.2.3.1.8. Büzüşme	32
3.2.3.1.9. Doku Profil	32
3.2.3.2. Kimyasal Analizler	33
3.2.3.2.1. Fenolik Bileşenlerin Ekstraksiyonu	33
3.2.3.2.2. Toplam Fenolik Madde Tayini	35
3.2.3.2.3. Toplam Flavonoid Miktarı Tayini	35
3.2.3.2.4. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini	36
3.2.3.2.5. ABTS Yöntemi ile Toplam Antioksidan Madde Tayini	38
3.2.3.2.6. HMF Tayini	39
3.2.3.3. İstatistiksel Analiz Yöntemi	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	41
4.1. Örneklerin Kodlanması	41
4.2. Fiziksel Analizler	42
4.2.1. Toplam Kuru Madde	42

4.2.2. Kuruma Süresi 44
4.2.3. Renk Tayini 45
4.2.4. Su Aktivitesi Tayini 54
4.2.5. Rehidrasyon Oranı 55
4.2.6. Serbest Yığın Yoğunluğu 57
4.2.7. Partikül Yoğunluğu 59
4.2.8. Büzüşme 60
4.2.9. Doku Profil 61
4.3. Kimyasal Analizler 67
4.3.1.Toplam Fenolik Madde Miktarı 67
4.3.2. Toplam Flavonoid Madde Miktarı 70
4.3.3. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı 73
4.3.4. Antioksidan Kapasite (ABTS) Değerleri 75
4.3.5. HMF Değerleri 77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 79
KAYNAKLAR 85
EKLER 91
ÖZGEÇMİŞ 97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	Kırmızılık
ABTS	2,2„-azinobis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonat)
b	Sarılık
C	Kroma
dk.	Dakika
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
g	Gram
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GHz	Gigahertz
H	Metrik Renk Tonu (Hue)
HCI	Hidroklorik Asit
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
Hz	Hertz
Kg	Kilogram
K_2CO_3	Potasyum Karbonat
L	Litre
L	Parlaklık
mg	Miligram
mL	Mililitre
mmHg	Milimetre Civa
mmol	Milimol
N	Normalite
NaOH	Sodyum Hidroksit
nm	Nanometre
P100	900 W Mikrodalga Kurutma
P80	720 W Mikrodalga Kurutma
P50	450 W Mikrodalga Kurutma
pH	Hidrojenin Gücü
ppm	Milyonda Bir Kısım
rpm	Dakikadaki Devir Sayısı
s	Saniye

sa.	Saat
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
TA	Taze ağırlık
TEAC	Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasite
Troloks	6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkromon-2-karboksilik asit
vb.	Ve Benzeri
W	Watt
%	Yüzde
°	Celsius
µl	Mikrolitre
µmol	Mikromol
µm	Mikromolar
ΔE	Toplam Renk Farkı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum 11
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan mürdüm eriği 20
Şekil 3.2. Çalışmada uygulanan başlıca işlem basamaklarının şematik gösterimi . 21
Şekil 3.3. Eriklerin güneşte kurutulması 25
Şekil 3.4. Kullanılan mikrodalganın şematik görünümü 26
Şekil 3.5. Mikrodalga kurutma işlemi uygulanan eriklerin zamanla değişimi 27
Şekil 3.6. L, a ve b renk alanı renksellik diyagramı (ton ve doygunluk) 29
Şekil 3.7. Üçboyutlu (ton, parlaklık ve doygunluk) renk diyagramı 30
Şekil 3.8. Tekstür Analiz Cihazı TA-XT 33
Şekil 3.9. Tekstür Profil Analizinin (TPA) grafiksel gösterimi 33
Şekil 3.10. Erik örneklerinden fenolik bileşiklerin metanol ile ekstraksiyonu 34
Şekil 3.11. Toplam fenolik madde analiz akış şeması 35
Şekil 3.12. Toplam flavonoid tayini akış şeması 36
Şekil 3.13.Toplam monomerik antosiyanin tayin yöntemi akış şeması 38
Şekil 4.1. Gallik asit kalibrasyon eğrisi 68
Şekil 4.2. Kateşin kalibrasyon eğrisi 71
Şekil EK A.1 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan bütün erik örneklerinin ayrı ayrı gösterimi 91
Şekil EK A.2 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan bütün erik örneklerinin bir arada gösterimi 92
Şekil EK A.3 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan yarım erik örneklerinin ayrı ayrı gösterimi 93
Şekil EK A.4 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan yarım erik örneklerinin bir arada gösterimi 94
Şekil EK A.5 Güneşte doğal kurutulan bütün ve yarım erik örneklerinin ayrı ayrı gösterimi 95
Şekil EK A.6 Güneşte doğal kurutulan bütün ve yarım erik örneklerinin bir arada gösterimi 96

TABLO DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1. Güneşte ve yapay kurutmanın avantaj ve dezavantajları 1
Tablo 2.1. Türkiye'deki Erik Üretimi, İhracat-İthalatı, Tüketimi, Kişi Başına Tüketilen Miktarı 3
Tablo 2.2. Eriğin kimyasal özellikleri 4
Tablo 2.3. Eriğin fiziksel özellikleri 5
Tablo 2.4. Eriğin değerlendirilmesi 6
Tablo 2.5. 100 g kuru eriğin kimyasal kompozisyonu 7
Tablo 2.6. Kuru mürdüm eriğinin kimyasal kompozisyonu 9
Tablo 3.1. Kullanılan mikrodalganın teknik özellikleri 26
Tablo 3.2. Çalışmada gerçekleştirilen analizler ve uygulanma aşamaları 27
Tablo 3.3. HPLC çalışma koşulları 40
Tablo 4.1. Örnek kodları 41
Tablo 4.2. Taze eriğin fiziksel ve kimyasal bazı özellikleri 41
Tablo 4.3. Vakumlu yöntem ile belirlenen toplam kuru madde değerleri 42
Tablo 4.4. Hızlı yöntem ile belirlenen toplam kuru madde değerleri 43
Tablo 4.5. Eriklerin kuruma süreleri 44
Tablo 4.6. Kurutulmuş bütün ve yarım (dış kısım) eriklerin renk değerleri 46
Tablo 4.7. Kurutulmuş yarım eriklerin renk değerleri (iç kısım) 52
Tablo 4.8. Kurutulmuş eriklerin su aktivitesi değerleri 54
Tablo 4.9. Kurutulmuş eriklerin rehidrasyon oranı değerleri 55
Tablo 4.10. Kurutulmuş eriklerin serbest yığın yoğunluğu değerleri 58
Tablo 4.11. Kurutulmuş eriklerin partikül yoğunluğu değerleri 59
Tablo 4.12. Kurutulmuş eriklerin büzüşme değerleri 60
Tablo 4.13. Kurutulmuş bütün eriklerin tekstür parametre değerleri 62
Tablo 4.14. Kurutulmuş yarım eriklerin tekstür parametre değerleri 62
Tablo 4.15. Kurutulmuş eriklerin toplam fenolik madde değerleri 68
Tablo 4.16. Kurutulmuş eriklerin toplam flavonoid madde değerleri 71
Tablo 4.17. Kurutulmuş eriklerin antosiyanin değerleri 73
Tablo 4.18. Kurutulmuş eriklerin antioksidan kapasite değerleri 75
Tablo 4.19. Kurutulmuş eriklerin HMF değerleri 77

TEŞEKKÜR

Bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum sevgili hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI' ya, çalışmalarım sırasında manevi desteğini her zaman hissettiğim değerli arkadaşlarım Yüksek Gıda Mühendisi Duygu BENZER GÜREL ve Gıda Mühendisi Özgün KAYA' ya, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan anneme yürekten teşekkür ederim.

Dilay KART
Manisa, 2017

Babama ithafen…

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Eriğin Kurutulmasında Mikrodalga Tekniğinin Ürün Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Dilay KART

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI

Tez kapsamında farklı kurutma metotları kullanılarak Mürdüm erik çeşidinin kalite özellikleri incelenmiştir. Kurutma işlemi öncesi erik örneklerine, 55°C sıcaklıkta 1 dk. %1'lik NaOH bandırma işlemi uygulanmıştır. Örnekler iki grup halinde; çekirdekleri çıkartılmadan bütün olarak ve çekirdekleri çıkartılarak yarım şekilde denemelere tabii tutulmuştur. Çalışmada, erikler güneşte ve üç farklı güç seviyesinde (450, 720 ve 900 W) mikrodalga ile kurutulmuştur. Kurutma işlemine, ürünün nem içeriği %18'e düşürülünceye kadar devam edilmiştir. Kurutulan bütün ve yarım erik örneklerinin toplam kuru madde, kuruma süresi, renk, su aktivitesi, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzüşme, doku, toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite ve HMF değerleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre kuruma süresi açısından, güneşte kurutulan bütün eriklerin 17 gün 16 sa., yarım eriklerin 4 gün 14 saatte kuruduğu saptanmıştır. 450, 720 ve 900 W mikrodalga güç seviyelerinin uygulanması ile kurutulan bütün eriklerin kuruma süreleri sırasıyla 48 dk. 20 s, 29 dk. 40 s, 28 dk. 46 s ve aynı güç seviyesinde kurutulan yarım eriklerin kuruma süreleri sırasıyla 43 dk. 40 s, 27 dk. 7 s ve 26 dk. 27 s, olarak bulunmuştur. Kurutma işlemleri sırasında, örneklerin kuruma süresi artan mikrodalga güç seviyesi ile düşüş göstermiştir. Güç seviyesi arttıkça erik örneklerin rehidrasyon oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Mürdüm eriğinin kalite özellikleri incelendiğinde mikrodalga ile kurutulan erik örneklerinin, güneşte kurutulan erik örneklerine göre toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde, toplam antosiyanin madde ve antiokdisan kapasite değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Üç farklı güç seviyesinde kurutulan erikler için kimyasal özelliklerinin daha iyi korunduğu ve aynı zamanda kuruma süresi olarak P100 güç ile arasında çok az fark olan P80 güç mikrodalga uygulaması ile kurutmanın önerilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erik, mikrodalga kurutma, güneşte kurutma, kalite

2017, 98 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Determination of the Effects on Product Quality of Microwave Technology in Plum Drying

Dilay KART

Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özlem ÇAĞINDI

Within the scope of the thesis, the quality characteristics of Mürdüm plum cultivar were investigated. Before the drying process, the plums were heated to 55°C for 1 min. 1% NaOH dip treatment was applied. Samples were divided into two groups; The seeds are extracted whole and the seeds are removed without removing them and they are subjected to the experiments half-way. In the study, the plums were dried with the sun and microwave at three different power levels (450, 720 and 900 W). Drying process was continued until the moisture content of the product was reduced to 18%. In the whole and half dried plums, the total dry matter, drying time, color, water activity, rehydration ratio, bulk density, particle density, shrinkage, texture, total phenolic matter, total flavonoid matter, total monomeric anthocyanin content, antioxidant capacity and HMF content were analyzed. According to the results of the research, it was determined that all the dried plums were dried for 17 days and 16 hours and the half-dried plums for 4 days and 14 hours in terms of drying time. Drying times of all plums dried by application of 450, 720 and 900 W microwave power levels were 48 min. 20 s, 29 min. 40 s, 28 min. 46 s and the drying times of the semi-plums dried at the same power level were 43 min. 40 s, 27 min. 7 s and 26 min. 27 s, respectively. During the drying process, the drying time of the samples decreased with increasing microwave power level. As the power level increased, the rehydration rates of plum samples were increased. When the quality characteristics of the Mürdüm plums were examined, it was seen that the total amount of phenolic and total flavonoid matter, total monomeric anthocyanin content, total antioxidant capacity of the microwave dried plum samples were higher than the sun dried plum samples. It is considered that drying with P80 power microwave application has very good chemical characteristics for the dried plums at three different power levels, and also for the drying time were a little difference between the P100 power and P80 power.

Keywords: Plum, microwave drying, sun drying, quality

2017, 98 pages

1. GİRİŞ

Yüksek oranda su içeren gıdalarda mikrobiyal ve kimyasal bozulmaların önlenebilmesi ve raf ömrünün artırılabilmesi için uygulanan en yaygın ve en eski yöntemlerden biri, üründeki suyun önemli bir kısmının uzaklaştırılması olayıdır [1]. Kurutma işlemi meyvelere oldukça sık uygulanan bir yöntemdir. Gıdalar ya güneş ısısından yararlanılarak ya da başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımıyla kurutulmaktadır. Bu iki ayrı uygulama ‘‘güneşte kurutma’’ ve ‘‘yapay kurutma’’ olarak adlandırılmaktadır [2]. Doğal ve yapay kurutmanın avantaj ve dezavantajları Tablo 1.1.’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Güneşte ve yapay kurutmanın avantaj ve dezavantajları [2, 3].

	Güneşte kurutma	**Yapay kurutma**
Avantaj	Daha ekonomiktir. Bazı meyvelerin rengi yapay kurutmaya göre daha iyi korunabilmektedir.	Daha iyi kalitede ürün elde edilmektedir. Kısa süreli bir metottur. Az alan gerektirir. Mikrobiyolojik açıdan daha hijyeniktir. Ürün randımanı yüksektir. Kontrollü kurutma işlemi gerçekleştirilebilir. Özellikle yapay yolla kurutulmuş sebzelerin pişme özellikleri daha üstündür.
Dezavantaj	Her yer her bölge güneşte kurutmaya elverişli değildir. Kuruma süresi uzundur. Hijyenik koşulları kontrol etmek mümkün değildir. Kurutulan ürün açık alanda, çeşitli böcek, kuş ve benzeri zararlılar tarafından kirletilmektedir. Güneşte kurutulan (bütün haldeki erik gibi) meyvelerde özellikle çekirdek yuvasında fermantasyon belirmesiyle, madde kayıpları başlamakta ve sonuç olarak yapay kurutmayla kıyaslandığında randıman ve ürün kalitesi azalmaktadır. Tarım arazisinin %5’inin kurutma alanı olarak ayrılma zorunluluğu vardır. Ürün randımanı düşüktür.	Kurulum yatırımı ve işletme masrafları açısından güneşte kurutmaya göre daha masraflı bir kurutma tekniğidir.

Eriğin kurutulmasında uygulanan yapay kurutma yöntemlerinde sıcak hava kullanılmakta ve ısı transferi taşınım ve iletim mekanizmalarıyla gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak kurutma güneşte kurutmaya göre daha hızlı gerçekleşmekte ise de yeterince hızlı olmamaktadır. Yavaş kurutma bazı sorunlara neden olmaktadır. Özellikle bütün haldeki eriğin kurutulması sırasında kalite kayıpları ve çekirdek yuvası bölgesinde fermantasyon meydana gelmektedir. Eriğin bütün halde kurutulmasında yaşanan bu sorunlar nedeniyle erik çoğunlukla ikiye bölünerek kurutulmaktadır. Yukarıda ayrıntılı şekilde anlatıldığı gibi, mikrodalga teknolojisinde gıda içerdiği polar (başta su) ve iyonik bileşiklere etki ederek çok hızlı bir ısıtma sağlamaktadır. Literatür incelendiğinde, eriğin mikrodalga teknolojisi ile kurutulmasına ilişkin Michalska ve ark.'nın 2016 yılında, Heybeli'nin ise 2017 yılında yaptıkları çalışmalar bulunmuştur [4, 5]. Bu çalışmalarda farklı erik çeşitleri ve farklı mikrodalga uygulama metotları kullanılmış olması nedeni ile bu tez çalışmasının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada güneşte ve mikrodalga da olmak üzere 2 farklı kurutma yöntemi, 3 farklı mikrodalga sıcaklığı ve bütün-yarım olmak üzere 2 farklı şekilde kurutulan eriğin, daha kısa sürede ve yüksek kalitede kurutulmasına imkan vereceği düşünülen mikrodalga ile kurutulma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla bütün ve yarım eriklerin, güneşte ve 3 farklı mikrodalga güç seviyesinde kurutulması ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Erik

Erik, Prunus cinsine ait *Rosaceae* familyasından meyvesi yenen bazı ağaç türlerinin ortak adıdır. Taze erik; kalori, karbonhidrat, potasyum, fosfor, sodyum, demir, lif ve ayrıca A, B_1, B_2, B_3, B_6, C, E vitaminlerini içermektedir. Araştırmacılar tarafından kuru eriğin besin değerinin tazesine göre daha fazla olduğu bildirilmektedir. Uzmanlar; karaciğer, kalp ve böbrek hastalıklarına, sindirim rahatsızlığı çekenlere, tuzsuz rejim yapan ve romatizma rahatsızlığı olanlara erik tüketmelerini önermektedirler. Erik, lifçe ve antioksidanlarca zengin olmasından dolayı insan beslenmesi için önemli katkıda bulunacak potansiyele sahiptir [6].

Erik, dünyada şeftali-nektarinden sonra en çok üretilen sert çekirdekli meyve türüdür. 2008 yılında yaklaşık 10 milyon ton olan dünya erik üretiminin 2023 yılında %38,2'lik bir artışla 14 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye dünya erik üretiminde 7. sırada yer almaktadır [7]. Tablo 2.1.'de görüldüğü gibi, Türkiye'de 2008-2009 sezonunda yaklaşık 248736 ton olan erik üretimi 2013-2014'te 305 bin tonu aşmıştır. Benzer şekilde tüketim miktarları da yıllara göre artmıştır.

Tablo 2.1. Türkiye'deki erik üretimi, ihracat-ithalatı, tüketimi, kişi başına tüketilen miktarı [8].

Yıllar	Üretim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)	Tüketim (Ton)	Kişi başına tüketim (kg)
2008-2009	248 736	6693	23	187 689	2.62
2009-2010	245 782	9 989	493	182 787	2.52
2010-2111	240 806	9 424	1 987	180 804	2.45
2011-2012	268 696	18 722	5 154	196 896	2.60
2012-2013	300 046	26 847	2 788	211 674	2.80
2013-2014	305 393	28 110	2 936	214 814	2.80

Erik meyvesinin kimyasal kompozisyonu ve besin değeri üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar derlenerek Tablo 2.2.'de özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.2. Eriğin kimyasal özellikleri

Bileşen	Aralık	Kaynaklar
Nem (%)	84,97-89,00	[6,9,10]
pH	2,62-5,30	[6, 10, 11,12, 13,14, 15]
SÇKM (%)	9,48-22,64	[6,10, 11,13,14,15,16]
Protein (%)	0,80-3,88	[6, 9,12,17]
Lipid (%)	0,60-1,10	[6,12,17]
Karbonhidratlar (%)	13,00-19,80	[6,17]
Asitlik (%)	0,08-3,08	[10,11,12,14]
Toplam şeker (%)	6,40-12,10	[6,10,18]
Titre edilebilir asitlik (%)	0,37-12,80	[6,9,14,15]
Kül (%)	0,37-3,00	[6,10,12,18]
Mineraller (mg/100g) **Kalsiyum (Ca)** **Fosfor (P)** **Magnezyum (Mg)** **Potasyum (K)** **Sodyum (Na)** **Demir (Fe)** **Bakır (Cu)** **Çinko (Zn)** **Manganez (Mn)**	 4,00-92,08 10,00-65,95 5,80-91,66 172,00-987,90 4,05-13,90 0,01-3,01 0,07-0,49 0,01-0,86 0,26-0,54	[6,10,12,19]
Vitaminler (mg/100 g) **Vitamin A(IU)** **Vitamin B1** **Vitamin B2** **Vitamin B3** **Vitamin B6** **C Vitamini** **E Vitamini**	 300,00-323,00 0,04-0,10 0,03-0,20 0,50-1,70 0,05-0,13 2,00-9,50 0,70-2,30	[6,17,20]
Pigmentler (%) **Antosiyaninler** **Karotenoidler** **Fenolik bileşenler (%)**	 1,90-5,30 0,10-0,90 0,10-0,40	[6]

Yapılan araştırmalar derlenerek Tablo 2.3.'de eriğin fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.3. Eriğin fiziksel özellikleri

Özellik	Aralık	Kaynak
Meyve boyu(mm)	22,92- 64,28	[9,11,14,16,21]
Meyve eni(mm)	20,84-53,26	[9,11,14,16,21]
Meyve yüksekliği (mm)	25,30-45,07	[14,16]
Meyve eti kalınlığı (mm)	12,19- 50,61	[9,14,21]
Meyve ağırlığı (g)	5,49-92,26	[9,11,14,16,21]
Meyve eti sertliği (kg)	0,32-10,42	[9,12,14]
L değerleri	24,06-40,83	[6,9,15]
a değerleri	0,60- 12,58	[6,9,15]
b değerleri	-3,57-10,25	[6,9,15]
Hue değerleri	12,81-339,93	[6,15]
C değerleri	5,88- 8,49	[6,15]

Bir ılıman iklim meyve türü olan eriğin, toplumların farklı tüketim alışkanlıklarına göre pek çok kullanım alanı mevcuttur. Taze tüketiminin yanı sıra; kurutmalık, meyve suyu, konsantre, reçel, marmelat, konserve, dondurma gibi çok çeşitli şekillerde değerlendirilebilmektedir. Tablo 2.4.'de eriğin değerlendirildiği farklı kullanım alanları özetlenmiştir. Kurutulmuş erik pek çok farklı alanda katkı olarak kullanılmaktadır. Kuru eriğin kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir; tatlandırıcı, renk ve aroma iyileştirici, mısır gevreği çubuklarında birleştirme maddesi, nem tutucu (kek ve kurabiyeleri nemli tutmak için), sağlıklı atıştırmalık ve diyet ara öğünü, müsli, tahıl gevreği ve kahvaltılık ürünlerin karışımı, tatlı, puding ve çikolata içerisinde, bisküvi - kek gibi ürünlerde, tatlı ve tuzlu yemeklerde, çikolata kaplı kuru erik şekerlemesi, içecek-fermenteli içecek, komposto, sütlaç, çorba, dolma, kek-hamur işleri, dondurma. Yapılacak olan yeni kurutma çalışmaları ile kuru erik üretimi ve tüketimi arttırılabilir ve çok farklı alanlarda da kullanımı gerçekleştirilebilir [22, 23, 24].

Tablo 2.4. Eriğin değerlendirilmesi

Kullanım alanı
Sofralık Meyve
Pekmez
Marmelat
Reçel
Pestil
Komposto
Tatlı Çeşitleri
Erik suyu
Farklı yemeklere katılımı
Meyve Kokteyleri
Alkollü İçkiler
Kurutulmuş Erik ✓ Tatlandırıcı ✓ Renk ve aroma iyileştirici ✓ Mısır gevreği çubuklarında birleştirme maddesi ✓ Nem tutucu (Kek ve kurabiyeleri nemli tutmak için) ✓ Sağlıklı atıştırmalık ve diyet ara öğünü ✓ Müsli, Tahıl gevreği ve kahvaltılık ürünlerin karışımı ✓ Tatlı, puding ve çikolata içerisinde ✓ Büsküvi -kek gibi ürünlerde ✓ Çikolata kaplı kuru erik şekerlemesi ✓ İçecek- fermenteli içecek, komposto ✓ Sütlaç ✓ Çorba, dolma vb. yemeklerde ✓ Kek- hamur işleri ✓ Dondurma

Eriğin tamamen farklı kültürlere hitap etmesi, gelişmekte olan ülkelerde halen artan kentselleşme, yaşlanan nüfus ve sağlıklı yaşam tarzının benimsenmesi, artan seyahat fırsatları ile yeni ürün arayışı gibi pek çok neden ile eriğe verilen ticari değer artmaktadır [20]. Oldukça yüksek bir besin değerine sahip olan kurutulmuş eriğin kimyasal kompozisyonu Tablo 2.5.'de özetlenmiştir.

Tablo 2.5. 100 g kuru eriğin kimyasal kompozisyonu [25]

Kimyasal kompozisyonu	Kuru erik
Su, g	30,92
Enerji, kJ	1006,00 (240,00 kcal)
Protein, g	2,18
Karbonhidrat, g	63,88
Toplam yağ, g	0,38
Selüloz, g	7,10
Kalsiyum, mg	43,00 (%4,30)
Demir, mg	0,93 (%5,00)
Magnezyum, mg	41,00 (%11,00)
Fosfor, mg	69,00 (%7,00)
Potasyum, mg	732,00 (%16,00)
Sodyum, mg	2,00 (%0,09)
Çinko, mg	0,44 (%3,00)
Bakır, mg	0,28 (%14,00)
Manganez, mg	0,30 (%15,00)
Selenyum, µg	0,30 (%0,40)
Vitamin C, mg	0,60 (%1,00)
Tiamin (Vitamin B1), mg	0,05 (%3,40)
Riboflavin (Vitamin B2), mg	0,19 (%11,00)
Niacin (Vitamin B3), mg	1,88 (%9,00)
Pantotenik asit (B5), mg	0,42 (%4,20)
Vitamin B6, mg	0,21 (%10)
Folate (Vitamin B9), µg	4,00 (%1,00)
Vitamin A, IU	781,00 (%16,00)
Vitamin E, mg	0,43 (%2,00)
Vitamin K, µg	59,50 (%74,00)

Eriğin Sistematikteki Yeri

Takım :Rosales

Familya :Rosaceae (Gülgiller)

Alt familya :Prunoideae

Cins :Prunus

Alt cins :Prunophora

Bu alt cinsin iki bölümünü erikler oluşturmaktadır.

Euprunus bölümü

- *P. cerasifera* Ehr.
- *P. domestica* L.
- *P. spinosa* L.
- *P. triflora* Roxb.
- *P.s simonii* Carr.

Prunocerasus bölümü

- *P. americana* Marsh.
- *P. nigra* Ait.
- *P. hortulana* Bail.
- *P. munsoniana* Wight ve Hedrick.

Prunus cinsine ait dünya üzerinde yayılmış 2000 kadar türün olduğu bilinmektedir. Bunların büyük kısmı kuzey yarım kürede yer almaktadır [26].

Erik türleri gen merkezlerine göre Avrupa-Asya Türleri, Uzak Doğu Türleri ve Kuzey Amerika Türleri olmak üzere 3 grup içerisinde toplanmaktadır. Günümüzde Türkiye'de yetiştirilen erik çeşitleri *Prunus cerasifera* (Can erikleri), *Prunus domestica* (Avrupa erikleri) ve *Prunus salicina* (Japon erikleri) türlerine aittir. Bunlardan can eriklerinin tamamı yerli, Avrupa eriklerinin bir kısmı yerli bir kısmı yabancı, Japon eriklerinin ise tamamı yabancı çeşitlerdir [27]. Türkiye'de en tanınmış erik çeşitleri can eriği, papaz eriği, mürdüm eriği ve tatlı üryani eriğidir [17]. Erik grupları arasında kurutmaya elverişli olanlar Avrupa grubu erikleridir [22]. Aynı zamanda bu erik grubu ekonomik bakımdan en önemli çeşitleri içerir. Avrupa grubu erikler: Göynük, Kara Göynük, Köstendil, Üryani, D'Agen, Reine Claude Verte, Reine Claude Violette, Imperiale Epineuse, Stanley, Anna Spath, Giant olarak belirtilmektedir [27].

Bu çalışmada, Avrupa–Asya türleri arasında bulunan Mürdüm eriği kullanılacaktır. Mürdüm eriği (*Prunus domestica* subsp. İnsititia) Mirabel veya Damson eriği olarak da adlandırılmaktadır. Botanikçiler tarafından *P. domestica'*nın yabanileşmiş şekli olarak da kabul edilmektedir [26]. Mürdüm, yenebilir, zengin çivit mavi rengiyle ayırt edilen oval şekilli eriklere denilir. Erik ailesine özgü sert çekirdeğe

sahip etli bir meyve olup genellikle meyvenin içi sarı renklidir [23]. Tablo 2.6.'da mürdüm eriğinin kimyasal kompozisyonu verilmiştir.

Tablo 2.6. Kuru mürdüm eriğinin kimyasal kompozisyonu [28]

İçerik	Besin değeri
Karbonhidrat	%64,7
A vitamini	1600 IU
B_1 vitamini	900 µg/kg
Riboflavin	1700 µg/kg
Niasin	16,0 mg/kg
C vitamini	30 mg/kg
Potasyum	6940 mg/kg
Kalsiyum	510 mg/kg
Fosfor	790 mg/kg
Protein	Az miktarda
Yağ	Az miktarda

Mürdüm eriğinin belirtilen bazı faydaları; C vitaminin bakımından zengindir, kan yapıcı özelliği olması münasebetiyle anemi problemlerini azaltır, bağırsakları çalıştırır ve sindirimi düzenler, kan şekerini dengede tutar, vücudu mikroplara karşı dayanıklı hale getirir, insan için önemli olan potasyum içerir, kalp ve tansiyon problemini azaltabilir [24]. Çalışmada mürdüm eriğinin seçilme nedeni koyu renkli ve renk bakımından genelde tekdüzelik göstererek kurutmaya elverişli bir çeşit olmasıdır.

2.2. Kurutma

Kurutma, malzemeden suyun uzaklaştırılması olan gıda muhafaza yöntemidir. Kimyasal, biyokimyasal ve gıda endüstrileri gibi süreçlerde çok önemli bir işlemdir. Kurutma işlemi ile su aktivitesinde istenmeyen değişimler, gıda ürünlerinde özellikle mikrobiyolojik aktiviteleri engellemek için uygun şartlara getirilir [29].

Temel amacı yaş üründeki serbest suyu uzaklaştırarak ürünlerde meydana gelebilecek biyokimyasal reaksiyonları ve mikroorganizmaların gelişmesini durdurmak ve üreyemeyeceği bir orana indirerek gıda maddelerinin dayanmasını sağlamaktır [30]. Kurutma işlemi çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Güneşte, ısı yayınımlı, radyasyon, dondurarak, dielektrik vb. Kurutulacak ürünler yapılarından dolayı farklı özellik gösterirler. Bu nedenle her ürünü aynı yöntemle kurutmak

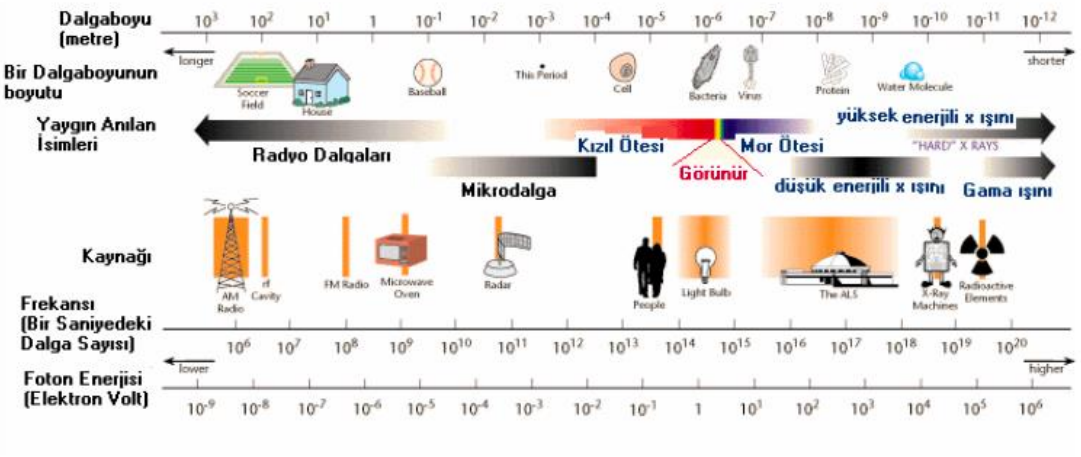
imkansızdır. Kurutulacak üründe en iyi kalite özelliklerini sağlayacak kurutma tipi yapılan çalışmalar sonucu belirlenebilir.

Meyve ve sebzeler taze olarak tüketilmelerine ek olarak, kurutularak farklı amaçlar içinde kullanılmaktadır. Kurutma işlemi ile birlikte saklama koşulları daha kolay olmakta ve ekonomik kazanç sayesinde genellikle tercih edilmektedir. Tarımsal ürünlerin önemli kısmı kurutularak depolanabilir. Kurutulmuş meyve ve sebze ihracatın önemli bir kısmını oluşturmaktadır [31].

2.2.1. Mikrodalga Kurutma

Elektromanyetik dalgalar salınım halinde birbirine ve yayılma yönüne dik elektrik ve kozmik ışınlarla 10 km den daha büyük elektriksel güç dalgalarını da içerisine alan geniş bir aralığı kapsamaktadır. Elektromanyetik spektrum içinde değişik isimlerle incelenen ışınlar temelde dalgalar halinde yayılan ışınlardır ve elde ediliş yöntemlerine göre, ışının etki özelliği, geleneksel ve fizyolojik özelliklerine ile birbirinden ayrılırlar. Elekromanyetik ışınların dalga boyları ve frekanslarıyla tanımlandığı ve dalga frekansı ile doğru, dalga boyu ile ters orantılı olduğu bilinmektedir [32]. Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi mikrodalga, radyo dalgaları ve kızılötesi arasında yer almaktadır.

Mikrodalga kelimesi elektromanyetik spektrumda dalga boyunun 1 metreden kısa olduğu frekansları tanımlar. Buna göre mikrodalgalar elektromanyetik spektrumun bir parçası olup 0,3-300 GHz arasındaki frekanslarına karşılık gelen milimetrik ve radyo dalgaları bölgesine düşmektedir. Mikrodalgalar dalga ve parçacık özelliğine sahiptirler. Elektromanyetik dalgalar foton adı verilen enerji birimleri halinde emilmektedir. Bir fotonun taşıdığı enerji yayılmanın dalga boyu ve frekansına bağlıdır. Mikrodalgalar, ışık dalgaları gibi hareket ederek, madde yüzeyinden ya yansır ya madde tarafından absorbe edilir ya da maddede fazla bir etkide bulunmaksın geçebilirler [33].



Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum [34]

Mikrodalga kurutmanın avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ Mikrodalganın en önemli özelliği ısı üretiminin moleküler düzeyde başlaması ve bu sayede hem zamandan hem de enerjiden çok büyük oranda tasarruf sağlamasıdır.
- ✓ Kurutma kapalı bir kabinin içinde gerçekleştiğinden güneşte kurutmaya göre daha temiz ve steril son ürün eldesi sağlar.
- ✓ Mikrodalga fırınlar, geleneksel sistemlere göre daha az yer kaplar, kullanımı ve bakımı kolaydır.
- ✓ Gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen büzüşmeler daha azdır.
- ✓ Gıdalarda yüksek besin kalitesi sağlar.
- ✓ Özel ambalajlar kullanıldığı takdirde, ambalajlı gıdalara ısıtma işlemi uygulanabilir.
- ✓ Mikrodalga ısıtma, istenen sonuca ulaşılabilmesi için diğer ısı transfer kaynaklarıyla kombine olarak kullanılabilir.
- ✓ Mikrodalga ısıtmada, gıdayı çevreleyen hava ve fırın ısınmadığından ısıtma daha etkindir, zaman ve enerji kaybı olmamaktadır. Mikrodalga enerjisinin ısıya dönüşüm verimi oldukça yüksektir. Geleneksel ısıtıcılarda %7-14 arasında değişen ısı verimi mikrodalga ekipmanlarda %40'a kadar çıkmaktadır.
- ✓ Mikrodalgalar içten ısıtma sağladığı için, sıcaklık dağılımı daha uniform gerçekleşebilir ve yüzeyin aşırı ısınması engellenir.

- ✓ Mikrodalga teknolojisi birçok yeni ürün geliştirilmesinde olanak sağlamıştır.
- ✓ Pazar imkânı geniştir [33, 35].

Buna karşılık mikrodalga ile gıdaların kurutulmasında karşılaşılan bazı olumsuzluklar henüz tam olarak giderilememiştir. Mikrodalganın dezavantajları;

- Mikrodalgaların absorblanması elektromanyetik özelliklere bağlı olduğundan, çok bileşenli gıdalarda sıcaklık profili büyük oranda farklı olabilir ve bu durumda ürün karakteristikleri, şekil ve boyuta bağlı olarak düzensiz pişme meydana gelebilir.
- Ürünlerde istenmeyen renk ve aroma kalitesi meydana gelebilir.
- Nem kaybı ve doku kalitesinde kayıplar oluşabilir.
- Mikrodalga fırınlar, geleneksel fırınlara göre farklı emniyet tedbirleri gerektirir.
- Sabit yatırım masrafları yüksektir; magnetronlar geleneksel ısıtma elemanlarına göre pahalıdır, bu yüzden sanayide kullanımı zamanla gelişmektedir.
- Keskin köşe ve ince tabakalı gıdalarda, aşırı pişme ortaya çıkar ve geniş parçalı gıda maddelerinin merkezinde pişme tam gerçekleşmeyebilir.
- İnsan sağlığı açısından radyasyon sızıntısının önlenmesi gerektiğinden tamamen kapalı bir sistem olması zorunludur.
- Kullanılan kapların, ambalaj malzemelerinin mikrodalga ortamına uygun olması gerekmektedir [33, 36].

  Bu dezavantajları ortadan kaldırabilmek için son yıllarda, yeni gıda formülasyonları geliştirilmiş ve mikrodalga gıda prosesleri modellemiştir.

Ayrıca mikrodalga fırınlarının dizaynı ve proses kontrolü geliştirilerek, diğer ısıtma metotlarıyla birlikte kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde daha kısa sürede daha kaliteli gıdaların üretilmesinde önemli derecede katkı sağlanmıştır [33].

Mikrodalga Kullanımının Meyve ve Sebze Ürünlerine Etkisi

Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ➢ Mikrodalga teknolojisinin meyve ve ürünlerinde doğal enfeksiyonların kontrolünde etkili olduğu,

- Pastörizasyon amacı ile başarılı bir şekilde uygulandığı,
- Diğer ısıtma metotlarıyla kombinasyonunda enzimleri daha kısa sürede inaktive ettiği ve daha kaliteli ürün elde edildiği, ayrıca enzimlerin inaktivasyonunda istenmeyen aroma oluşumunu önlediği,
- Örneklerin haşlanmasında alternatif metot olarak kullanıldığı,
- Diyet lifinde geleneksel ısıtma uygulamalarına benzer değişime neden olduğu,
- Kabuk oluşumunun önlediği, bazı esansiyel aminoasitler ve vitaminlerin zarar görmesini engellediği saptanmıştır.
- Mikrodalga uygulaması sayesinde protein denatürasyonunu minimize etmek olanaklıdır. Mikrodalga ile kurutma işleminin hava ile kurutmaya göre yağ asitlerinin daha az zarar gördüğü ve daha yüksek antioksidan aktivitesinin elde edildiği belirtilmiştir.
- Mikrodalga ısıtmada suya geçiş olmadığı için suda çözünen vitamin kaybı daha az olduğu, ayrıca daha kısa sürede ısıtma sağlandığı için besin içeriğinin de korunduğu belirtilmiştir.
- Mikrodalga kurutma ürünün gözenekliliğini arttırmakta ve kurutma sırasında çıkabilecek renk zararını azaltmaktadır. Kurutulmuş ürünün maksimum gerilimi ve gerilim değerlerinin düştüğü ancak elastikiyetinin arttığı saptanmıştır [33, 37, 38, 39, 40].

2.3. Gıdaların Kurutulmasına İlişkin Çalışmalar

Gıdaların kurutularak daha uzun süre saklanabilmesi, gıda teknolojileri için çok önemli bir konudur. Mikrodalga teknolojisinin meyvelerin kurutulmasında kullanımının incelendiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Eriğin kurutulması amacıyla güneşte kurutma, kabin kurutma, etüv-vakumlu etüv, tünel kurutucu, dondurarak kurutma, konveksiyon fırında kurutma, ısıtılmış hava, mikrodalga destekli ısıtılmış hava ve kızılötesi ışın destekli ısıtılmış hava, yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir [4, 5, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48].

Literatür incelendiğinde, eriğin mikrodalga teknolojisi ile kurutulmasına ilişkin Michalska ve ark.'nın 2016 yılında, Heybeli'nin ise 2017 yılında yaptıkları çalışmalar bulunmuştur [4, 5]. Bu çalışmalarda farklı erik çeşitleri ve farklı mikrodalga uygulama metotları kullanılmış olması nedeni ile bu tez çalışmasının literatüre katkı sağlayacağı

düşünülmektedir. Bu bölümde ise, öncelikle erik kurutma ile ilgili yapılan çalışmalar, ardından konvansiyonel kurutucularla veya mikrodalga ile kurutma yapılan bazı meyvelere ait çalışmalar özetlenmiştir.

Cinquanta ve ark., 2002 yaptıkları bir çalışmada, farklı erik cinslerinin (Stanley, Angeleno ve Empress) kurutma hızını arttırmak için bir fiziksel ve iki kimyasal ön işlem uygulayıp, farklılıkları kimyasal analizler ve renk ile değerlendirmişlerdir. Yapılan ön işlem, nem kaybının sınırlayıcı faktörü olan mumsu tabakayı uzaklaştırmak için inert bir aşındırıcı malzeme kullanarak eriklerin kabuklarının yüzeysel aşınmasını içerir. Uygulanan ön işlem olarak 15 dk. aşındırma ve 40°C'de 2 dk. %2 etiloleat (v/v) ve %2,5 K_2CO_3 (v/v) daldırma olarak belirlemişlerdir. Kurutma işlemi, eriklerin kalite kaybını azaltmak için konveksiyon fırında 60°C'de gerçekleştirilmiştir. Sonuçları renk, şekerler, toplam fenoller, toplam antosiyaninler ve reaktif maddeleri analiz ederek değerlendirmişlerdir. Sonuçlara baktıklarında, işlem görmemiş örneklerde uzun süre yüksek sıcaklıklara maruz kalma, karamelizasyon reaksiyonlarından dolayı iki monosakkaritin kaybına neden olduğunu saptamışlardır. Eriğin diğer kalite özelliklerini değiştirmeden önerilen fiziksel ön işlemler ile dehidrasyon süresi belirgin olarak azaldığını ve sonuç olarak Empress ve Angeleno da şeker kaybı Stanley çeşit eriklere göre daha az olduğunu belirtmişlerdir. Taze Angeleno, Stanley ve Empress eriklerde tespit edilen toplam fenolik made miktarları sırasıyla 7,5, 5,2 ve 5,6 mg/g kuru maddedir. Fiziksel aşındırma ön işlemi uygulanan örneklerde toplam fenolik madde miktarı 3,0-6,8 mg/g kuru madde arasında, etil oleat ön işlemi uygulanan örneklerde 3,6-7,0 mg/g kuru madde arasında ve ön işlem uygulanmayan örneklerde 3,4-6,1 mg/g kuru madde arasında olduğu belirtilmiştir. Antosiyanin içeriği miktarlarını, taze eriklerden Angeleno 5,2 mg/g kuru madde, Stanley 3,2 mg/g kuru madde ve Empress 2,6 mg/g kuru madde olarak bulmuşlardır. Kurutulmuş örneklerde HCl/su/etanol ekstraktları, antosianinlerin enzimatik ve termal faktörlerin içerdiği oksidasyon mekanizması ile parçalanması nedeniyle kırmızı pigmentleri bulamamışlardır [48].

Ioannou ve ark., 2011 donmuş eriklerin sıcak havada kurutulmasının kinetiklerini incelemiş ve modellemişlerdir. Sıcaklık (50-85°C), hava hızı (0,6-1,2 m/s) ve bir ön-muamele (askorbik asit+sukroz-doymuş çözelti) etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlara bakıldığında iyi kalitede kurutulmuş ürün elde edildiğini

belirtmişlerdir. Yapılan önişlem uygulamalarının, kurutulan eriklerin biyokimyasal özelliklerini (indirgeyici şeker içeriği, toplam fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite) koruduğunu saptamışlardır. Toplam fenolik madde değerlerinin taze erikte 15,0±0,4 mg gallik asit /g kuru madde, 50, 75 ve 85°C'de sırasıyla 16,5±0,9, 17,5±0,8, 16,0±0,7 mg gallik asit/g kuru madde olduğunu raporlamışlardır. Antioksidan aktivite değerlerinin taze erikte 0,07±0,01 50,75 ve 85°C'de sırasıyla 0,028±0,015, 0,053±0,008, 0,060±0,008 mg Trolox/g kuru madde olduğunu belirtmişlerdir. Suyun uzaklaştırılmasında en iyi kurutma şartlarının: 85°C en yüksek sıcaklık ve 0,6 m/s orta derece hava hızı olduğuna dikkat çekmişlerdir [49].

Rodriguez ve ark., 2015 yaptıkları bir çalışmada kurutma yönteminin kombine yöntemlerle etkisini analiz etmek için; ozmotik dehidrasyonu farklı konsantrasyonlarda (40 veya 60°Brix), farklı sıcaklıklarda (25 veya 40°C) ve iki meyve-şurup oranında (1:4 veya 1:10) glikoz veya sorbitol solüsyonları kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca sıcak hava ile kurutmayı, farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80°C) gerçekleştirmişlerdir. Kuru erikler renk, doku, rehidrasyon gücü, fenolik bileşikler (toplam fenoller, flavonoidler) ve su aktivitesi açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlara baktıklarında parlaklıkta bir düşüş ve kurutma işlemi sırasında oluşan esmerleşmeye bağlı olarak kızarıklık artışı gözlemlemişlerdir. Eriklerin sertliği taze meyve ile ilişkili olarak arttığını ve daha yüksek kurutma sıcaklığında daha belirgin olduğunu saptamışlardır. Fenollerin ve flavonoidlerin içeriğinin 70°C'deki kurutma sonucu daha yüksek değerlere sahip olduğunu bulmuşlardır. Genel bir özet olarak 25°C'de 1/10 oranında meyve/şurup oranı ile %60 w/w sorbitol içinde ozmodehidrasyona maruz bırakılan ve 70°C'de havada kurutulan eriklerde, yüksek derecede dehidrasyon ve en iyi kalite özelliklerinin elde edildiğini saptamışlardır [50].

Sağbasan, 2015 yaptığı çalışmada Türkiye'ye özgü kuru meyvelerden siyah üzüm (*Vitis vinifera*), mor erik (*Prunus*), kızılcık (*Cornus mas*) ve yaban mersini (*Vaccinium myrtillus*) örnekleri kullanarak içerdikleri fenolik bileşenler ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirliğini belirlemiştir. Çalışmadan elde ettiği sonuçlara göre, toplam fenol değerindeki sindirim sonrası meydana gelen değişmelerin mor erikte; 416±40 mg GAE/100 g örnek değerinden 653±19 mg GAE/100 g örnek değerine yükseldiğini gözlemlemiştir. Toplam flavonoid değerlerinde örneklerinde başlangıç ve sindirim sonrası miktarları mor erikte; 125±5 mg kateşin/100 g değerinden, 132±15

mg kateşin/100 g örnek değerine yükselmiş olduğunu saptamıştır. Monomerik antosiyanin değerlerindeki değişmeleri incelediğinde antosiyanin miktarları sindirim sonrasında stabilitelerini koruyamadığını ve önemli ölçüde azalma meydana geldiğini ve mor erikte, 1,1±0,1 mg antosiyanin/100 g örnek değerinden, 0,7±0,0 mg antosiyanin/100 g'a düştüğünü belirtmiştir. Antioksidan kapasitesi değerlerini incelediğinde, örneklerin hepsinde sindirim sonrasında artış gözlemlemiştir. DPPH değerinde 127,0±2,0 µ mol-135,5±1,6 µ mol TEAC/100g, DPPH sonuçlarına göre ürünlerde antioksidan bileşenlerin biyoerişilebilirlik oranlarını yüksek değerlerde bulmuştur. CUPRAC değerleri 124,2±1,5 µ mol TEAC/100g-161,2±0,4 µ mol TEAC/100g CUPRAC değerleri sindirim sonrasında artarken FRAP değerleri için, 39,5±2,8 µ mol TEAC/100 g-3,8±1,2 µ mol TEAC/100 g, FRAP değerlerinin azaldığını rapor etmiştir [51].

Albanese ve ark., 2013 yaptıkları çalışmada sıcak hava ve mikrodalga kullanarak *Vitillo (Prunus armeniaca L.)* çeşidi kayısıları kurutmuşlardır. Kurutma işlemini sırasında kayısılar sıcak hava ile kurutma işleminde 60 ve 70°C sıcaklık, mikrodalga ile kurutma işleminde ise 60 ve 70°C 2,4 GHz'de ve 2 kW güç ile muamele edilmiştir Elde edilen verilere göre mikrodalga kurutma işleminin kuruma süresini (%25'e kadar) önemli ölçüde düşürdüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca mikrodalga ile kurutulmuş kayısılarda daha düşük bir açıklık (L*) kaybı gözlendiği kaydedilmiştir [52].

Arıkan, 2009 yaptığı çalışmada havuç kullanarak mikrodalga-konvektif kurutma uygulamalarının etkinliklerini geleneksel konvektif kurutma yöntemiyle karşılaştırmıştır. Örneklere hem sürekli hem de kesikli modda mikrodalga enerjisi uygulamıştır. Ürün kalite parametreleri olarak renk (*L**, *a**, *b** koordinatları), tekstürel özellikler ve duyusal nitelikler (genel görünüş, renk, tekstür ve genel ürün beğenisi) incelenmiştir. Elde edilen verilere göre 670,37 W mikrodalga çıkış gücünde, 3,0 kesiklilik oranında ve çevre havası sıcaklığında kesikli mikrodalga-konvektif hava ile kurutulmasının ürün kuruma süresi ve özgül enerji tüketiminde konvektif havayla kurutmaya kıyasla önemli oranda kazanç sağladığını belirlemiş olup, bu kombinasyonların fiziksel (renk ve tekstür) ve duyusal nitelikler bakımından yüksek kalitede kuru ürün üretiminde en uygun kurutma yöntemleri olduğunu belirtmiştir [53].

Barba ve ark., 2014 yaptıkları bir çalışmada muz dilimlerini mikrodalga destekli kurutucu ve konvektif hava yardımlı kurutucu kullanarak kurutmuşlardır. İki farklı kurutma tekniği karşılaştırıldığında; mikrodalga destekli kurutucu ile daha homojen örnekler ve tazesine daha yakın yüksek toplam polifenol içeriğine sahip ürün üretiminin sağlandığını raporlamışlardır [54].

Baysal ve ark., 2015 yaptıkları çalışmada, elma dilimlerinin kalite özellikleri üzerine tepsili kurutma, ısı pompası kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin etkilerini, yanı sıra kurutma yöntemlerinin enerji verimliliğini araştırmışlardır. Elma dilimlerinin fiziksel (nem içeriği, renk değerleri, su aktivitesi, rehidrasyon, yığın yoğunluğu), kimyasal (toplam fenolik, toplam ve ters şeker, pektin) ve duyusal kalite özelliklerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak elma dilimlerinin kuruma sürelerinin sırasıyla tepsi, ısı pompası, dondurma ve mikrodalga kurutması için 50 dk., 90 dk., 270 dk. ve 20 dk. olarak hesaplamışlardır. Elma dilimlerinin mikrodalga kurutma ile daha kaliteli son ürün elde edildiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca mikrodalga uygulaması ile kuruma süresinin kısaldığını ve son ürünün daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir [55].

Benlloch-Tinoco ve ark., 2013 tarafından dondurarak kurutma maliyetlerini azaltmak ve gelişmiş kivi tozu elde etmek amacıyla sıcak hava ve mikrodalga olmak üzere iki farklı ön kurutma tekniği kullanmışlardır. Sıcak hava kurutma için işlem koşulları 40°C ve 1,5 m/s iken mikrodalga kurutma da 300 g ürün için 600 W güç koşulu uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucu dilimlenen kivi meyveleri mikrodalga kullanılarak ön kurutulduğunda rehidrasyon yeteneği ve antioksidan kapasite değerlerinin zarar görmediğini saptamışlardır. Genel olarak bu çalışmalarda mikrodalga kurutma işlemiyle, kuruma süresini kısaldığı ve kalitenin daha iyi korunduğunu belirtmişlerdir [56].

Borquez ve ark., 2015 görünüm, renk ve doku bakımından yüksek kalitede kurutulmuş bir ürün elde etmek için otomatik sıcaklık kontrolü olan mikrodalga vakum kurutma sistemi geliştirmişlerdir. Mikrodalga vakumla kurutma çalışma koşulları 47 mm Hg, 50°C ve 700W civarında otomatik sıcaklık kontrolünü kullanarak çileklerin kalite özelliklerinde meydana gelen değişiklikler olan renk, doku, büzülme ve

rehidrasyon özelliklerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak ürünlerde hafif bir renk kaybı ve uygun rehidrasyon performansı ile geliştirilmiş mekanik dirence sahip elastik bir ürün elde etmişlerdir [57].

Garcia-Martinez ve ark., 2013 yaptıkları bir çalışmada hem kükürt ile ön-muamele edilmiş hem de ön işleme tabi tutulmamış kayısıları kullanmışlardır. Ayrıca ürünlere 4 farklı kurutma metodu uygulamışlardır. Ürünlere uygulanan kurutma tekniklerini; 40 ve 60°C'de sıcak hava (HAD 40 ve HAD 60), 100 W gücünde (MW) mikrodalga kurutma, 40°C 100 W'da kombine sıcak hava-mikrodalga kurutma (HAD-MW) olarak belirtmişlerdir. Kayısıları 20-25 g su/100 g nem seviyesine kadar kurutmuşlardır. Sonuçlar incelendiğinde sıcak havayla kurutmaya kıyasla, mikrodalgaların kullanılması ile kuruma süresinin %82 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Kükürtleme ön işlemine tabi tutulan kayısıların özellikle kombine sıcak hava-mikrodalga tekniği ile kurutulduğunda, ürün renginin daha iyi korunduğu ve aynı zamanda istenilen sakızımsı ve kırılgan dokunun daha iyi olduğu ancak askorbik asit miktarında kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı dokunun, ön işleme tabi tutulmamış örneklerde mikrodalga kurutmayla elde edilebileceğini raporlamışlardır. Ayrıca bu durumda kükürt uygulanmadığı için meyvenin askorbik asit içeriğinin büyük ölçüde korunacağını belirtmişlerdir. Bütün bu özellikler dikkate alındığında, kayısı kurutmak için mikrodalga enerjisi ve hafif sıcak hava ile kombine edilmiş ya da edilmemiş kurutma tekniğini ve önceden kükürt giderme işlemine tabi tutulmamış kurutmayı önermişlerdir [58].

Sarı ve ark., 2014 ilk nem içeriği %88 olan ananas meyvesinin nem içeriğini %7 olana kadar mikrodalga, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ve sadece sıcak hava ile kurutmuşlardır. Kurutma işlemlerini kuruma süresine bağlı olarak mikrodalga güçleri (180, 360, 540, 720 ve 900W), mikrodalga güçleri (180, 360 ve 540 W) ve sıcak hava (100, 150, 200°C) kombinasyonu ve sadece sıcak hava (100, 150, 200°C) ile gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışma sonucu elde edilen veriler mikrodalga ile gerçekleştirilen kurutma işlemi, 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde sırasıyla 129, 34, 31, 27 ve 22 dk. sürdüğünü kaydetmişlerdir. Ayrıca mikrodalga gücü ve sıcaklık artırılmasıyla kuruma sürelerinin kısaldığı rapor edilmiştir [59].

Tarhan ve ark., 2009 Amasya elma çeşidi ve bandırma işlemi olarak farklı kimyasal çözeltiler kullanarak farklı yöntemlerle elmaları kurutmuşlardır. Kurutma yöntemi olarak dış ortamda çevre havasıyla doğal kuruma, etüvde 65°C sıcaklıktaki hava ile kurutma ve mikrodalgada kurutmayı seçmişlerdir. Kurutma işleminin çok uzun sürmesi (72 saat) sebebiyle dış ortamda kurutma ve meydana gelen kararmalar nedeniyle mikrodalga kurutmayı elma kurutma için uygun görmemişlerdir. %2'lik sitrik asit çözeltisine bandırılan elmaların yüksek sıcaklıkta (65°C) havayla kurutulması gerek kalite ve gerekse kuruma süresi (5 saat) açısından en iyi sonucu verdiği için ticari amaçlı elma kurutma için uygun olacağı sonucuna varmışlardır [60].

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Erik

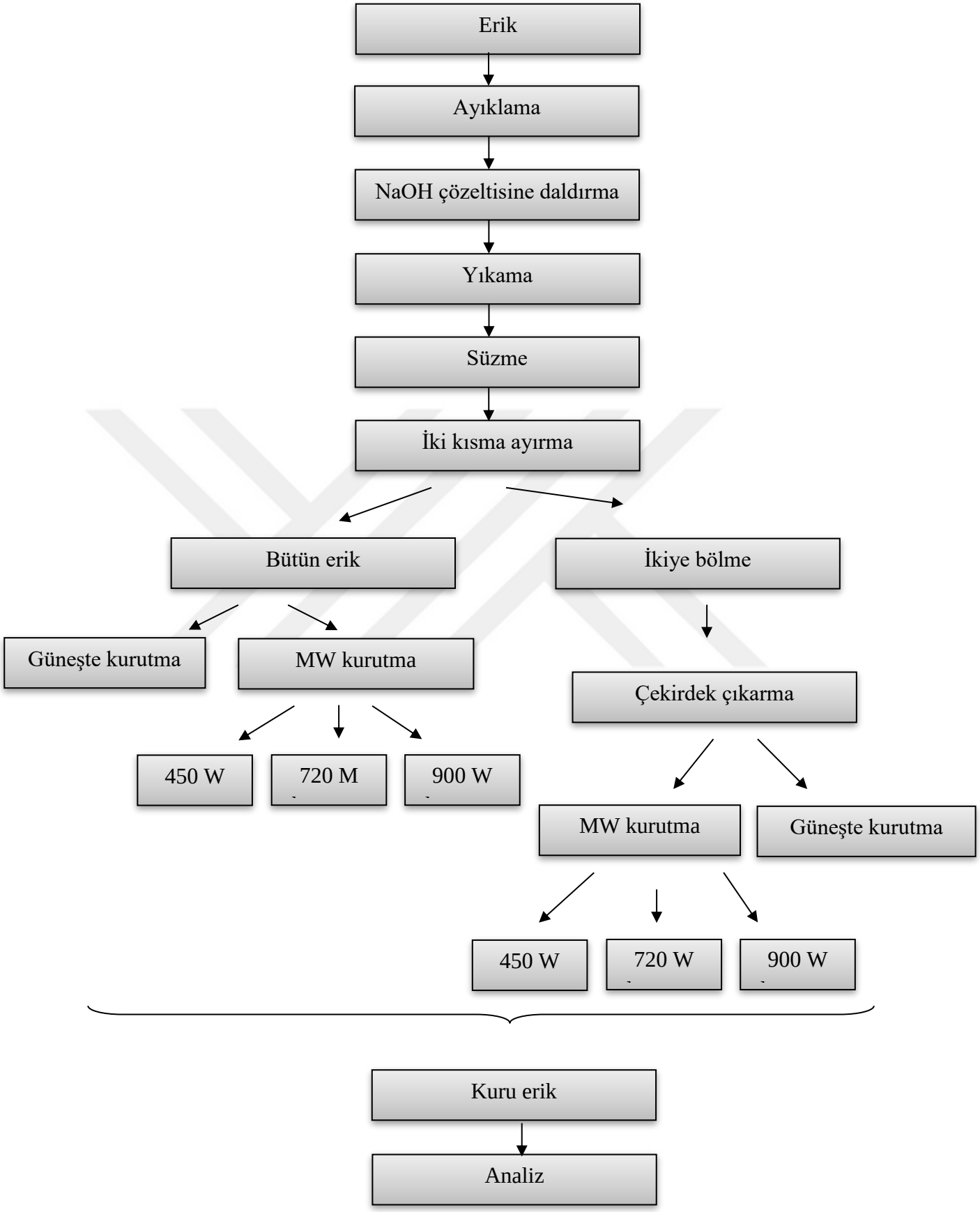
Araştırmada, İzmir meyve sebze halinden temin edilen mürdüm eriği (*Prunus domestica* subsp. İnsititia) kullanılmıştır. Erik örnekleri denemelerin gerçekleştirildiği Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilerek +4°C sıcaklıkta ve %80-90 bağıl nemde [61] muhafaza edilmiştir.

3.1.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan mürdüm eriği Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Kurutmaya uygun olmayan erikler ayıklama işlemine tabi tutulmuştur. Tekdüze kurutma için eriklerin aynı boyutta olması çok önemlidir. Bu amaçla ayıklanan erikler boyutlandırılmıştır. Erikler 55°C sıcaklıktaki %1 NaOH çözeltisi ile 1 dk. bandırma işlemine tabi tutulmuştur. Bandırma işleminden sonra erikler akan su altında 1 dk. yıkanmıştır. Yıkama sonrası eriklerin üzerindeki fazla suyun uzaklaştırılması amacıyla süzgeçte 5 dk. bekletilmiştir. Yıkanan erikler iki kısma ayrılmıştır; ilk kısımdaki erikler bütün olarak ikinci kısımdakiler ise bıçakla ortadan ikiye bölünüp çekirdekleri çıkartılmıştır. Şekil 3.2.'de çalışmada uygulanan başlıca işlem basamaklarının şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan mürdüm eriği



Şekil 3.2. Çalışmada uygulanan başlıca işlem basamaklarının şematik gösterimi

3.1.3. Kimyasal Malzemeler

Ekstraktların hazırlanması için kullanılan kimyasallar;

- Metanol (99,9%), Carlo Erba
- Asetik asit (99,5-100,5%), Carlo Erba

Toplam fenolik madde tayini için kullanılan kimyasallar;

- Folin Ciocalteau fenol reaktifi (Merck, Darmstadt, Almanya)
- Sodyum karbonat (99,5-100,5%), Carlo Erba
- Gallik asit, ACROS Organics

Toplam flavonoid tayini için kullanılan kimyasallar;

- Sodyum nitrit ($NaNO_2$)
- Alüminyum klorid ($AlCl_3$)
- Sodyum hidroksit (≥97%), Merck
- Kateşin (≥98%), Sigma-Aldrich

Toplam monomerik antosiyanin tayini için kullanılan kimyasallar;

- Sodyum Asetat (99,0%-101%), Carlo Erba
- Potasyum Klorür (99,0-100,5%), Carlo Erba
- HCI (%37), Carlo Erba

ABTS yöntemi ile toplam antioksidan kapasitesi tayini için kullanılan kimyasallar;

- 2,2‟-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS), Sigma-Aldrich
- Potasyum persülfat, Merck
- PBS, Oxoid
- 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkromon-2-karboksilik asit **(**Troloks), Sigma-Aldrich

3.1.4. Alet ve Cihazlar

Analizlerde kullanılan alet ve cihazlar aşağıda belirtilmiştir.

- Vakumlu etüv (Nüve EV-018, Ankara)
- Radvag (MAC 110/NH (Polonya)
- Su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo 400, Almanya)
- Cam termometre
- Waring Blender (HGB2WTS3, USA)
- Mikrodalga (Arzum Marka AR245 Model, Türkiye)

- Ultrasonik su banyosu (Bandelin, Almanya)
- Soğutmalı santrifüj, 6000 rpm (Hettich EBA 85, Zentrifugen, Almanya)
- Sanrtifüj (Nüve, Türkiye)
- Dijital ayarlanabilir otomatik mikropipet seti (Thermo Scientific, Finlandiya)
- Multiskan Go Mikroplaka Spektrofotometre okuyucusu (Thermo Scientific, ABD)
- Laboratuvar tipi pH metre (WTW Marka PH 7110 Model)
- Yüksek Performanslı Sıvı Kromotografi cihazı (Agilent 1260, ABD)
- Renk Ölçüm Cihazı (Minolta CR-5, Japonya)
- Tekstür Analiz Cihazı TA-XT (UK)
- Samsung Buzdolabı (Güney Kore)
- Bosch derin dondurucu (Almanya)
- Analitik terazi (Radvag, Polonya)
- Hassas Terazi (KERN & SOHN GmbH, Almanya)
- Vorteks karıştırıcı (VM-10 model, Kore)
- Manyetik karıştırıcı (Labort)

Ayrıca NUNC mikroplaka, 0.45 μm'lik örnek süzme filtreleri (Millipore), C18 zıt faz HPLC kolonları (Agilent, Ace), çeşitli ölçülerde cam malzemeler, çeşitli ölçülerde amber renkli vialler, kaba filtre kağıdı, parafilm, alüminyum folyo çalışmalar sırasında kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kurutma Denemelerinin Düzenlenmesi

Kurutma denemeleri öncesinde erik için uygun kurutma formunun belirlenebilmesi için bir seri ön deneme yapılmıştır. Bu ön denemeler 3 farklı parametre için aşağıda açıklandığı şekilde yapılmıştır.

1. Bandırma çözeltisinin sıcaklığı: Literatüre bakıldığında eriklere uygulanan bandırma ön işlemi için sıcaklığın 60°C'de yapıldığı görülmüştür. Ancak bu sıcaklıkta erik örneklerinin kabuk yüzeylerinin parçalandığı ve ürünlerde aşırı sertlik meydana geldiği görülmüştür. Bu nedenlerle daha sonra sıcaklık 55°C olarak denenmiş ve üründe herhangi bir olumsuzluk görülmediği için ön işlem sıcaklığının 55°C'de daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

2. Ürünün mikrodalgaya maruz kalma süresi: Ürünün mikrodalgada kuruma süresi belirlenirken, mikrodalga öncelikle 1 dk., 45 s, 30 s ve 20 s sürelerde çalıştırılarak kesikli kuruma süreleri denenmiştir. Mikrodalga çalışma süresinin uzun olması yanıklara sebep olduğundan 20 s aralıklarla çalışılması uygun görülmüştür.

3. Mikrodalgada kurutulan ürünün paketlenmesi: Mikrodalgada kurutulan erikler, kurutma sonrası istenen yapıda olmalarına rağmen, çok kısa bir sürede aşırı derecede sertleşmektedir. Bu nedenle ürün yarı sıcak olarak paketlenmiştir. Sıcak paketleme için süreler 3, 5 ve 7 dk. olarak belirlenmiştir. 3 dakikada ürünün sertleşmesi yine çabuk olmuş, 7 dakikada ürün dışarıdan nem almıştır. Bu nedenlerle kaliteli ürün için mikrodalga kurutma sonrası sıcak paketleme süresi 5 dk. olarak belirlenmiştir.

Ayrıca denemeler klima ile ortam havası 24°C'ye ayarlanmış laboratuvarda gerçekleştirilmiş ve 400 g taze erik materyali ile 450, 720 ve 900 W güçlerinde yürütülmüştür. %18 ürün nemine ulaşılıncaya kadar denemelere devam edilmiştir. Uygulanan mikrodalga enerjisinin materyal tarafından tekdüze olarak absorbe edilebilmesi için kurutulan ürün döner cam tepsi üzerine tekdüze olarak yerleştirilmiş olup, denemeler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Kurutma işlemi sırasında kurutulan materyal kütlesi 5 dakikada bir periyodik olarak tartılmıştır. Mikrodalga kurutma denemelerinde kesiklilik oranının ifade edilmesinde eşitlik 1 kullanılmış olup aşağıda verilmiştir;

$$\boldsymbol{PR} = \frac{\boldsymbol{t_{on}+t_{off}}}{\boldsymbol{t_{on}}} \qquad (1)$$

Burada; PR: Kesiklilik Oranı, t_{on} ve t_{off} bir çevrimdeki mikrodalga güç uygulama ve güç kesme süreleri (s)'dir [53]. Tez çalışmasında erikler 20 saniye kurutma 20 saniye bekleme süresi ile toplam kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu durumda kesiklilik oranı 2 olarak saptanmıştır.

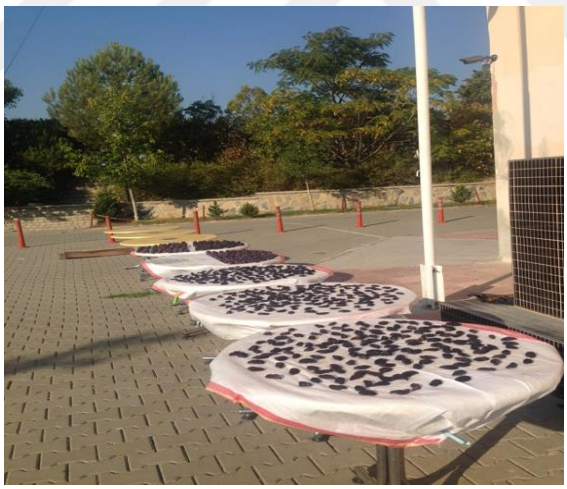
3.2.2. Örneklerin Kurutulması

Kurutma işlemi için eriklere uygulanan güneşte kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.2.2.1. Güneşte Doğal Kurutma

Erikler bütün ve ikiye bölünmüş olarak iki grup halinde kurutulmuştur. İkiye bölünmüş erikler bir gün kesik yüzeyi üste gelecek şekilde, ertesi gün kesik yüzeyi alta gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Erikler 30 Ağustos 2016 tarihinden 20 Eylül 2016 tarihine kadar 09:00–21:00 saatleri arasında güneşte bekletilmiş, akşam/gece saatlerinde nem değişimini en aza indirmek için laboratuvar ortamına alınmıştır. Bu tarihler arasında Manisa'da ölçülen en yüksek sıcaklık ortalaması 33,7°C, en düşük sıcaklık ortalaması ise 19,4°C olarak kaydedilmiştir. Eriklerin güneşte kurutulması Şekil 3.3.'de gösterilmektedir. Her bir kurutma grubu için 4 kg ürün kullanılmıştır.

Eriklerin son kuru madde içeriğine (%82) ulaşıp ulaşmadıkları, kuruma süresi boyunca ağırlıklarının takip edilmesiyle belirlenmiştir. Kurutulmuş erikler soğumaları için oda sıcaklığında bir müddet bekletilmiştir. Ardından buzdolabı poşetine aktarılıp alüminyum folya ile sarılmış ve kapaklı cam kavanozlara doldurularak derin dondurucuda analize alınıncaya kadar depolanmıştır.



Şekil 3.3. Eriklerin güneşte kurutulması

3.2.2.2. Mikrodalga (MW) ile Kurutma

Erikler bütün ve ikiye bölünmüş olarak iki grup halinde mikrodalgada kurutulmuştur. MW kurutma işleminde, mutfak tipi mikrodalga fırın kullanılmıştır. Kullanılan mikrodalganın, teknik özellikleri Tablo 3.1.'de şematik görünümü ise Şekil 3.4.'de, gösterilmiştir. Örnekler mikrodalgada 3 farklı güç seviyesinde (450, 720 ve 900 W) kurutulmuştur. Tüm kurutma işlemleri 400 gram taze

erik ile gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi 20 s süre güç uygulama ve 20 s süre bekleme şeklinde uygulanmıştır. Güç uygulama ve bekletme süreleri ön denemelerle belirlenmiştir. Her beş dakikalık bekleme periyodunun sonunda ürün ağırlığı tartılarak belirlenmiştir. Şekil 3.5.'de mikrodalga kurutma işlemi uygulanan eriklerin zamanla değişimi gösterilmektedir.

Eriklerin son kuru madde içeriğine (%82) ulaşıp ulaşmadıkları, kuruma süresi boyunca ağırlıklarının takip edilmesiyle belirlenmiştir. Kurutulmuş erikler 5 dk. oda koşullarında bekletildikten sonra sıcak paketleme amacıyla buzdolabı poşetine aktarılmış, alüminyum folya ile sarılmış ve kapaklı cam kavanozlara doldurularak derin dondurucuda analize alınıncaya kadar depolanmıştır.

Tablo 3.1. Kullanılan mikrodalganın teknik özellikleri

Özellikler	Değerler
Voltaj	230 V-50 Hz
Mikrodalga güç girişi	1450 W
Mikrodalga güç çıkışı	900 W
Izgara güç girişi	1100 W
Fanlı fırın güç girişi	2500 W
Fırın iç kapasite	30 L
Döner cam tepsi çapı	315 mm
Dış boyutlar	520x510x335 mm
Net ağırlık	yaklaşık 19,9 kg



Şekil 3.4. Kullanılan mikrodalganın şematik görünümü (AR 245, Arzum, Türkiye)



Şekil 3.5. Mikrodalga kurutma işlemi uygulanan eriklerin zamanla değişimi

3.2.3. Analiz Yöntemleri

Taze erik örneklerinde renk, su aktivitesi, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, toplam kuru madde, toplam fenolik bileşik, toplam flavonoid miktarı, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite ve HMF miktarı belirlenmiştir.

Kurutma işlemleri sonunda elde edilen son üründe renk, su aktivitesi, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzüşme, doku, toplam kuru madde, toplam fenolik bileşik, toplam flavonoid miktarı, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite ve HMF miktarı analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler ve bu analizlerin hangi aşamadaki numunede yapılacağı Tablo 3.2.'de özetlenmiştir. Tüm analizler 3 tekerrür ve 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışmada gerçekleştirilen analizler ve uygulanma aşamaları

Analiz	Hammadde	Kurutma işlemi sırasında	Kuru erik
Toplam Kuru Madde	x		x
Kuruma süresi		x	
Renk	x		x
Su aktivitesi	x		x
Rehidrasyon Oranı			x
Serbest Yığın Yoğunluğu	x		x
Partikül Yoğunluğu	x		x
Büzüşme			x
Doku Profil	x		x
Toplam Fenolik Bileşik	x		x
Toplam Flavonoid Madde	x		x
Toplam Monomerik Antosiyanin	x		x
Antioksidan Kapasite	x		x
HMF	x		x

3.2.3.1. Fiziksel Analizler

Mürdüm eriğinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için toplam kuru madde içerikleri, kuruma süresi, renk, su aktivitesi, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzüşme ve doku tayinleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1.1. Toplam Kuru Madde (TKM) Tayini

Taze ve kuru erik örneklerinde nem miktarı vakumlu etüv (Nüve EV-018, Ankara) kullanılarak gravimetrik yöntemle belirlenmiştir [62]. Eriklerin kurutma işlemi sırasında istenilen kuru madde içeriğine gelip gelmediği tartım yöntemiyle takip edilmiştir. Ayrıca eriklerin toplam kuru madde içerikleri Radwag (MAC 110/NH, Polonya) kullanılarak hızlı nem tayin yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yöntemlerin ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Vakumlu Etüv Yöntemi: Toplam kuru madde tayini, vakumlu etüv kullanılarak örneklerin sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmesi prensibine göre gerçekleştirilmiştir [62]. Bu amaçla erikler küçük parçalar halinde kesilmiş ve camdan yapılmış vezin kaplarına yaklaşık 3 g numune tartılıp vezin kapları vakumlu etüvde 70°C ve 600 mm-Hg vakumda sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir.

Hızlı Kuru Madde (Nem) Tayin Yöntemi: Erikler, küçük parçalar halinde kesilmiş ve alüminyum tartım kaplara yaklaşık 2,5 g numune tartılmıştır. Hızlı nem tayin cihazının (Radwag, MAC 110/NH, Polonya) sıcaklığı 105°C olarak ayarlanmış ve örnekler sabit tartıma (45-60 dk.) gelinceye kadar cihazda bekletilmiştir.

3.2.3.1.2. Kuruma Süresi

Erik örneklerinin kuruma süresi, kurutma işlemi süresince örneklerin ağırlıklarındaki azalma takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Her kurutma denemesinde kurutucuya başlangıç toplam kuru madde oranı bilinen yaklaşık 400 g taze erik yerleştirilmiş ve 5 dk. aralıklarla örnek ağırlığı takip edilmiştir. Kuru madde denkliği yapılarak son ürün %82 TKM içeriğine (%18 nem içeriği) ulaştığı anda ürünün sahip olduğu ağırlık belirlenmiştir. Kurutma işleminde ürün bu ağırlığa ulaştığında kurutma işlemi sonlandırılmış ve kuruma süresi kaydedilmiştir.

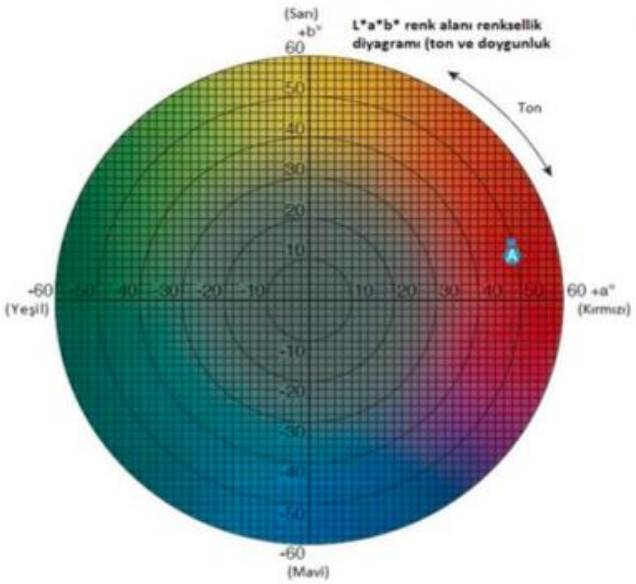
3.2.3.1.3. Renk Tayini

Kuru erik örneklerinde renk tayini, renk ölçüm cihazı (Minolta CR-5, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla eriklerin iç ve dış yüzeyinin renk değerleri eriklerin alt kısmından ölçülmüştür. Elde edilen L, a, b renk değerleri ve taze eriğin (hammadde) renk değerleri referans alınarak Hue açısı (eşitlik 2) hesaplanmıştır. Ayrıca toplam renk farkı (ΔE) değerleri de kaydedilmiştir [63]. ΔE değeri dış etkilere bağlı olarak gıda maddesinde meydana gelen renk farkını ifade eder. Şekil 3.6.'da L, a ve b renk alanı renksellik diyagramı ve Şekil 3.7.'de üçboyutlu (ton, parlaklık ve doygunluk) renk diyagramı yer almaktadır.

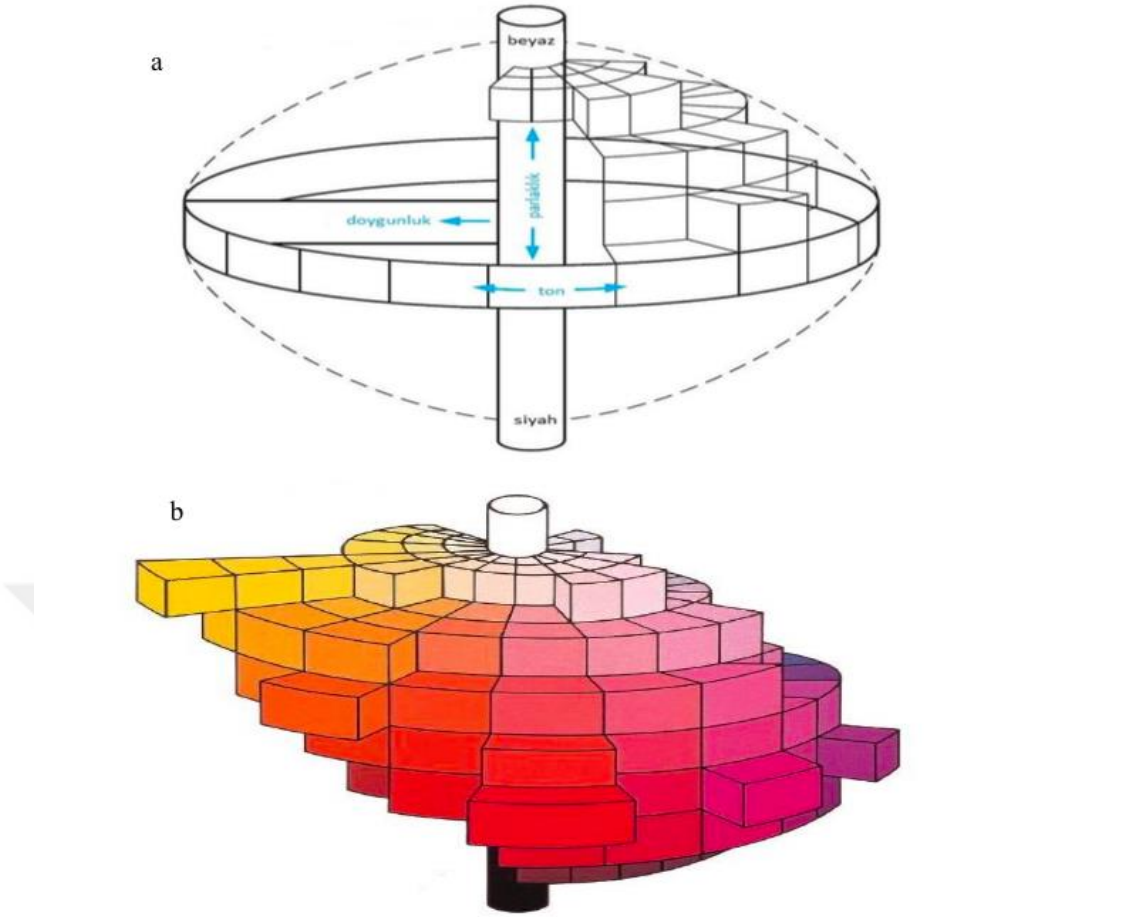
$$\mathbf{H = \tan^{-1}\left(\frac{a}{b}\right)} \qquad (2)$$

H: Hue açısı

a, b: Numuneye ait renk değerleri



Şekil 3.6. L, a ve b renk alanı renksellik diyagramı (ton ve doygunluk) [31]



Şekil 3.7. Üçboyutlu (ton, parlaklık ve doygunluk) renk diyagramı (a ve b) [31]

3.2.3.1.4. Su Aktivitesi Tayini

Kuru erik örneklerinde su aktivitesi tayini, veri kaydediciye (Testo 400, Almanya) bağlı, su aktivitesi ölçüm probu içeren ölçüm seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla erikler küçük parçalara kesilmiş ve yaklaşık 3 g numune ölçüm haznesine yerleştirilerek ve kap içerisindeki bağıl nem dengeye ulaşıncaya kadar beklendikten sonra su aktivitesi değeri okunmuştur [63].

3.2.3.1.5. Rehidrasyon Oranı

Son ürünün rehidrasyon oranının ölçülmesi amacıyla 10 g numune 1:30 (meyve/su) oranında distile su içerisinde +24˚C'de (ortam sıcaklığı) toplam 24 saat süreyle bekletilmiş ve bu süre içerisinde ilk 12 saat boyunca 30 dk. aralıklarla örneklerin üzerindeki fazla su hafifçe silinerek ağırlıkları takip edilmiştir. Ortalama 8 saat sonra eriklerde parçalanma başladığı için 8 saat sonundaki süzülmüş ağırlığı belirlenerek eşitlik 3'e göre rehidrasyon oranı hesaplanmıştır [64, 65, 66, 67].

$$\boldsymbol{R_R = \frac{M_R}{M_D}} \qquad (3)$$

R_R: Rehidrasyon oranı

M_D : Kuru örneğin ağırlığı (g)

M_R : Nemlendirilmiş örneğin ağırlığı (g)

3.2.3.1.6. Serbest Yığın Yoğunluğu

Serbest yığın yoğunluğunun belirlenmesinde 500 mL'lik cam bir ölçü silindiri kullanılmıştır. Bir miktar örnek ölçü silindirine dökülmüş ve silindirin hacim skalasından karşılık geldiği değer okunmuştur. Büyük ölçekli yığın yoğunluğu eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır. Silindir aynı örnekle pürüzsüz, düzgün bir yüzeyi olacak şekilde üç kez doldurulmuş ve örnek hacmi skaladan okunarak değerlendirilmiştir [68]. Yoğunluk, prosesle ilgili hesaplamalarda kullanılan bir fiziksel özelliktir. Materyalin çeşit ve kompozisyonuna bağlı olmakla birlikte ortam sıcaklığına göre de değişim göstermektedir. Yoğunluk genel olarak, materyallerin kütlesinin hacmine oranı şeklinde hesaplanmaktadır. Ayrıca yoğunluk, partikül ve yığın yoğunluğu gibi çeşitli şekillerde de tanımlanmakta ve hesaplanmaktadır. Yığın yoğunluğu materyalin yığın halinde paketlendiği veya istiflendiği durumdaki yoğunluğudur ve materyal ağırlığının yığın hacmine oranı ile belirlenmektedir.

$$\boldsymbol{p_b = \frac{M}{V^*}} \qquad (4)$$

ρ_b: Yığın yoğunluğu, g/mL

M: Örnek miktarı, g

V*: Örnek hacmi, mL

3.2.3.1.7. Partikül Yoğunluğu

500 mL hacimli ölçü silindirine 100 mL kerosen (gazyağı) koyulmuş ve 9,5-10 g örnek, solüsyon içerisine eklenmiştir. Silindirin skalasındaki son hacim değeri okunmuştur. Aşağıdaki 5 nolu eşitlik kullanılarak numunenin partikül yoğunluğu hesaplanmıştır [68]. Partikül yoğunluğu materyal içerisindeki boşlukların göz ardı edilmesi durumunda hesaplanan yoğunluk değeridir.

$$\boldsymbol{p_p = \frac{M_P}{V_f - V_c}} \qquad (5)$$

ρ_p: Partikül yoğunluğu, g/mL

M_p: Örnek miktarı, g

V_c: Kerosen hacmi, mL

V_f: Son hacim (numune+kerosen), mL

3.2.3.1.8. Büzüşme

Büzüşme derecesi ürünün yığın yoğunluğu değerleri kullanılarak eşitlik 6'ya göre hesaplanmıştır [68].

$$\mathbf{B} = \frac{p_{b,0}}{p_{b,kuru}} \left(\frac{x_{kuru}+1}{x_0+1}\right) \qquad (6)$$

B: Büzüşme derecesi

$\rho_{b,0}$: Taze materyal yığın yoğunluğu

$\rho_{b,\,kuru}$: Kuru materyal yığın yoğunluğu

X_{kuru}: Kuru materyal nem içeriği

X_0: Taze materyal nem içeriği

3.2.3.1.9. Doku Profil Analizi

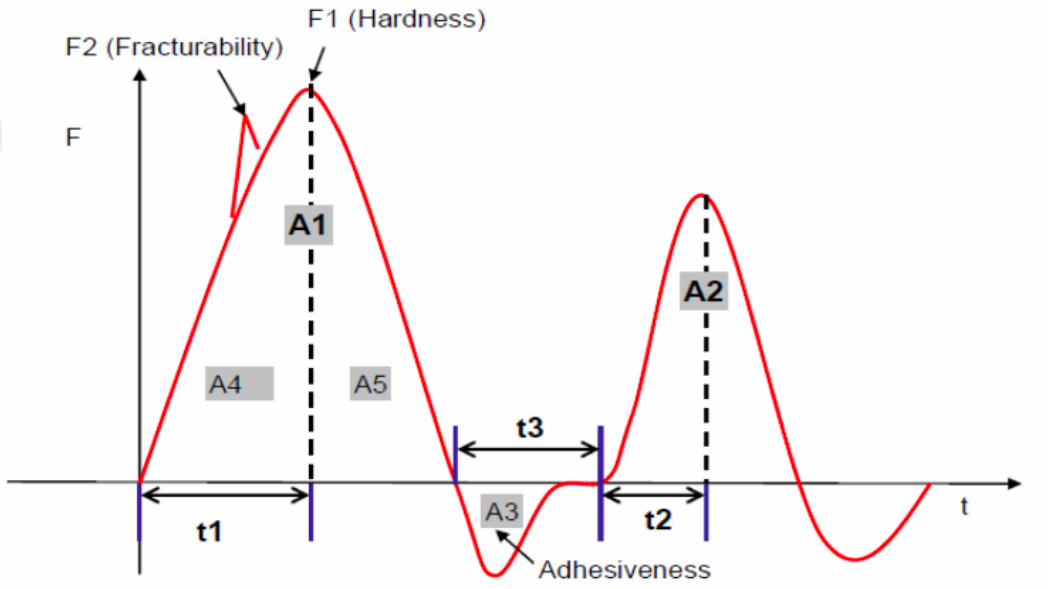
Kurutulan mürdüm çeşidi eriklerin tekstür özelliklerinin belirlenmesinde Tekstür Profil Analizi (TPA) yöntemi kullanılmıştır. Analizler tekstür analiz cihazı TA-XT Plus (Stable Microsystems, Surrey, UK) ile yapılmıştır. Cihazın şematik görünümü Şekil 3.8.'de görülmektedir.

Uygulanan işlemin ürün dokusunda meydana getirdiği değişim; elde edilen kuvvet-zaman diyagramlarındaki pik alanlarının ve pikler arası uzaklıkların farklı kombinasyonlarla kullanılması ile değerlendirilmiştir. Örneklerin sertlik, kırılganlık, yapışkanlık, iç yapışkanlık, esneklik, elastikiyet, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik özellikleri belirlenmiştir. Şekil 3.9.'da Tekstür Profil Analizinin (TPA) grafiksel gösterimi yer almaktadır. Doku ölçüm parametreleri:

Ön test test hızı: 1 mm/s
Test hızı: 3 mm/s
Son test hızı 5 mm/s,
baskılama tipi–auto,
Baskılama kuvveti % 50
Yük hücresi 50 kg



Şekil 3.8. Tekstür Analiz Cihazı (TA-XT)



Şekil 3.9. Tekstür Profil Analizinin (TPA) grafiksel gösterimi; F1 (Sertlik-Hardness): ilk sıkıştırma periyodunda meydana gelen pik kırılma kuvveti (N), F2 (Kırılganlık-Fracturability): ilk sıkıştırma periyodunda meydana gelen ilk önemli kırılma kuvveti (N) [69].

3.2.3.2. Kimyasal analizler

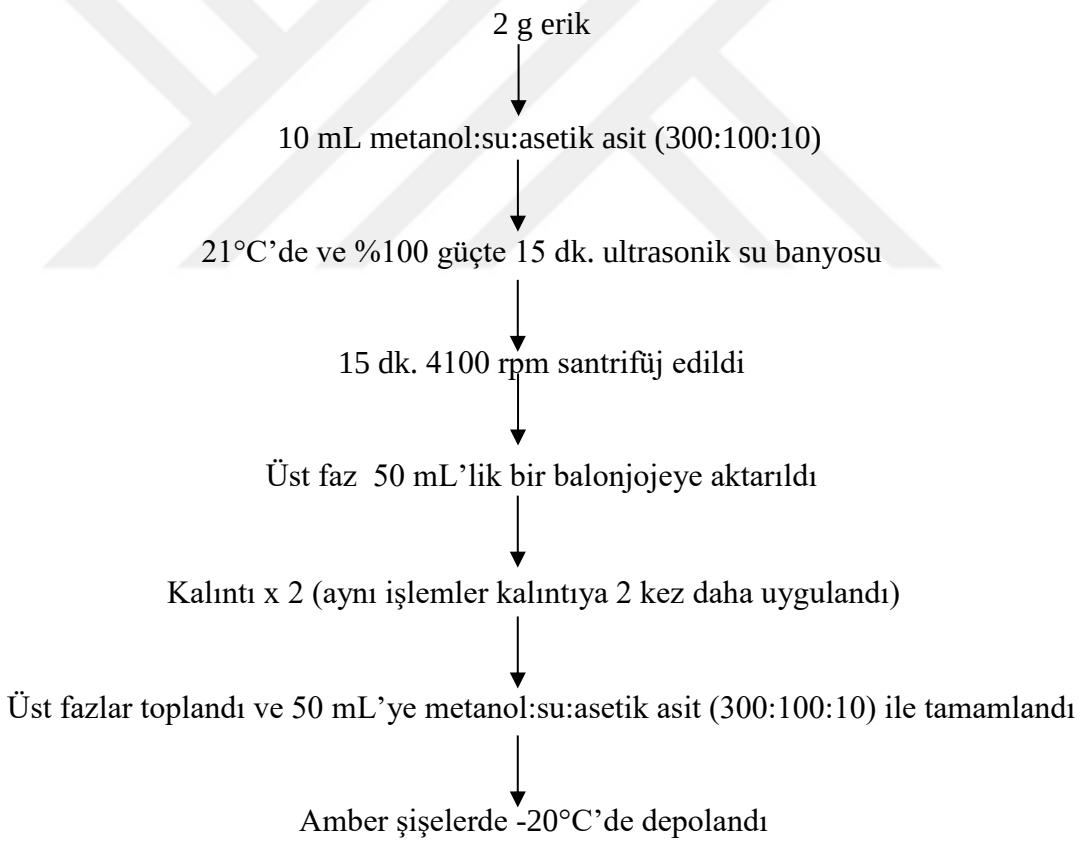
Mürdüm eriği kurusunda bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toplam fenolik bileşik, toplam flavonoid miktarı, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite ve HMF tayinleri yapılmıştır.

3.2.3.2.1. Fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu

Toplam fenolik madde, toplam flavonoid miktarı, toplam monomerik antosiyanin ve antioksidan analizleri için metanol ekstraksiyonu yapılmıştır. Kuru erik

ve taze erikte bu analizlerin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle fenolik maddeler ekstrakte edilmiştir. Bu yöntem Rodriguez ve ark., 2015 ve Sağbasan, 2015 tarafından geliştirilen metotlar modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir [50, 51]. Uygulanan ekstraksiyon yöntemi Şekil 3.10.'da verilmektedir.

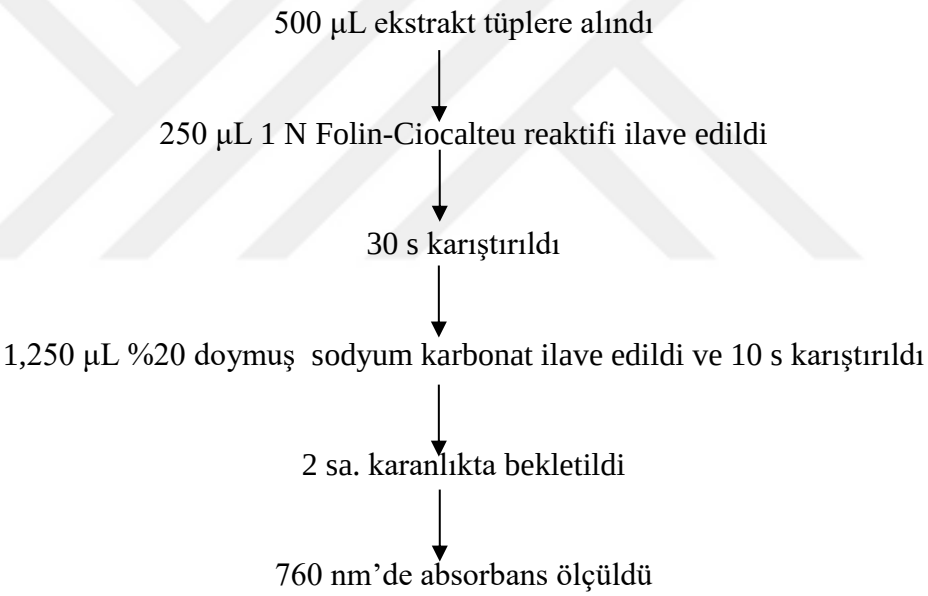
Homojenize edilmiş kuru erik örneklerinden 2 g alınmış ve üzerine 10 mL metanol:su: asetik asit (300:100:10) eklenerek 21°C'de ve %100 güçte ultrasonik su banyosunda 15 dk. çalkalanmıştır. Örnekler santrifüj tüpüne aktarılarak 4100 rpm'de 15 dk. santrifüj edilmiş ve üst faz 50 mL'lik bir balonjojeye aktarılmıştır. Kalıntıya aynı işlemler 2 kez daha uygulanmıştır. Üst fazlar toplanmış ve 50 mL'ye metanol:su:asetik asit (300:100:10) ile tamamlanmıştır. Sonrasında amber şişelere aktarılmış ve analizde kullanılmak üzere -20°C'de derin dondurucuda saklanmıştır.



Şekil 3.10. Erik örneklerinden fenolik bileşiklerin metanol ile ekstraksiyonu

3.2.3.2.2. Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde analizi Rodriguez ve ark., 2015 tarafından önerilen ve yaygın olarak kullanılan Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır [50]. Bu amaçla uygun oranlarda seyreltilmiş 500 µL örnek ekstraktlarına 250 µL 1N Folin- Ciocalteu reaktifi eklenerek 30 saniye vorteks ile karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışıma 1,250 µL (%20'lik) doymuş sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Elde edilen karışım oda sıcaklığında 2 saat karanlıkta bekletildikten sonra oluşan rengin absorbansı Multiskan Go Mikroplaka Spektrofotometre okuyucusunda (Thermo Scientific, ABD) 760 nm'de okunmuştur. Şekil 3.11.'de toplam fenolik madde analizinin akış şeması gösterilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği gallik asit (0,1 mg/mL) kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir.

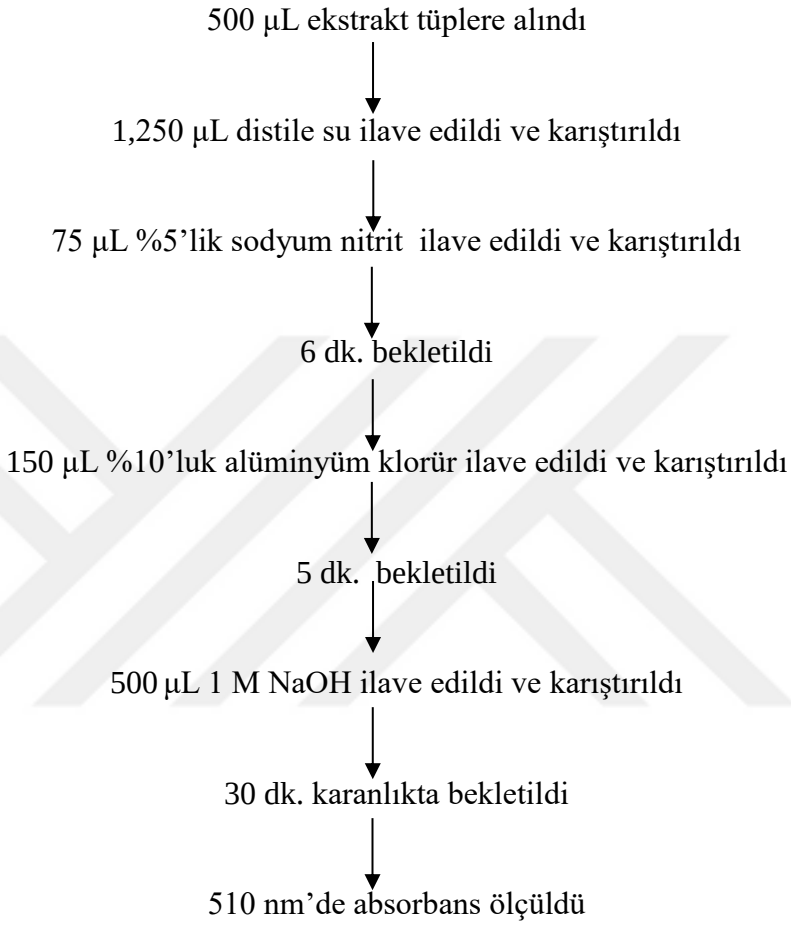


Şekil 3.11. Toplam fenolik madde analiz akış şeması

3.2.3.2.3. Toplam Flavonoid Miktarı Tayini

Toplam flavonoid madde tayini, Rodriguez ve ark., 2015 tarafından önerilen yöntemin modifikasyonu ile yapılmıştır [50]. Deney tüpüne analiz örneğinden 500 µL alınarak, üzerine 1,250 µL distile su ve ardından 75 µL %5'lik sodyum nitrit ($NaNO_2$) eklenerek 6 dk. bekletilmiştir. Süre sonunda 150 µL %10'luk alüminyum klorür ($AlCl_3$) eklenmiş ve 5 dk. bekletilmiştir. Son olarak 500 µL 1 M NaOH eklenmiştir.

Elde edilen karışım oda sıcaklığında 30 dk. karanlıkta bekletildikten sonra oluşan rengin absorbansı Multiskan Go Mikroplaka Spektrofotometre okuyucusunda (Thermo Scientific, ABD) 510 nm'de okunmuştur. Her yapılan ekleme sonrası tüpler vortekste 5 s karıştırılmıştır. Şekil 3.12.'de toplam flavonoid tayini akış şeması yer almaktadır.



Şekil 3.12. Toplam flavonoid tayini akı şeması

3.2.3.2.4. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini

Taze ve kuru erik örneklerin toplam monomerik antosiyanin içeriği pH diferansiyel yöntemine göre tespit edilmiştir. Metodun ilkesi, monomerik antosiyaninlerin pH 1.0'da renkli oksonium formunun, pH 4.5'de ise renksiz hemiketal formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre, ortam pH 1.0 ve 4.5 olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı, doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır. Örneklerin, pH değeri sırasıyla 1.0 (0,025 M potasyum klorid)* ve 4.5 (0,4 M sodyum asetat)** olan tampon çözeltiler ile karıştırılmıştır. Örneklerin seyreltme oranı ön denemelerle tespit edilmiştir. Dokudan ekstrakte edilen

örnekten 1 mL alınıp deney tüpüne aktarılarak üzerine 1 mL pH 1.0'lik tampon çözeltisi eklenmiştir. Yine aynı şekilde diğer bir tüpe de aynı örnekten 1 mL alınarak, üzerine 1 mL pH 4.5'lik tampon çözelti eklenmiştir. Elde edilen karışımların absorbans değerleri Multiskan Go Mikroplaka Spektrofotometre okuyucusunda (Thermo Scientific, ABD) 528 ve 700 nm'de saptanmıştır. Ölçümler, şahit olarak damıtık suya karşı yapılmıştır. Okumalar seyreltikler hazırlandıktan sonra 30. dakikada yapılmıştır.

Toplam monomerik antosiyanin miktarının hesaplanmasında kullanılacak absorbans değeri eşitlik 7'ye göre, toplam monomerik antosiyanin miktarı ise eşitlik 8'e göre hesaplanmıştır [63, 67, 70]. Şekil 3.13.'de toplam monomerik antosiyanin tayin yönteminin akış şeması gösterilmektedir.

$$\mathbf{A} = (\mathbf{A_{528}} - \mathbf{A_{700}})_{\mathbf{pH\ 1.0}} - (\mathbf{A_{528}} - \mathbf{A_{700}})_{\mathbf{pH\ 4.5}} \qquad (7)$$

A: Toplam monomerik antosiyanin miktarının hesaplanmasında kullanılan absorbans değeri

A_{528}: 528 nm'deki absorbans değeri

A_{700}: 700 nm'deki absorbans değeri

$$\mathbf{MA} = \frac{\mathbf{A \times MW \times DF \times 1000}}{\varepsilon \times \mathbf{L}} \qquad (8)$$

MA: Monomerik antosiyaninler, mg/kg

MW: Cryanidin-3-glucoside (cyd-3-glu) antosiyaninin molekül ağırlığı (449,2 g/mol)

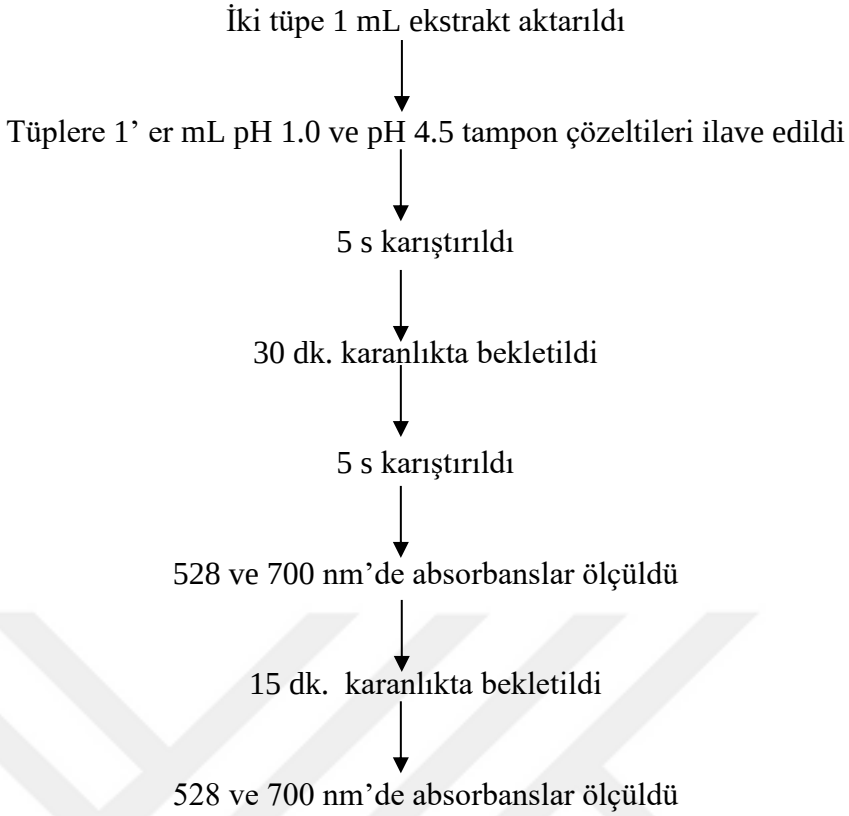
DF: Seyreltme faktörü

ε: Molar absorpsiyon katsayısı (26900)

L: Spektrofotometre kuvvetinin ışık yolu uzunluğu (cm).

* pH 1.0 tampon çözeltisi (0,025 M Potasyum klorid); 1,86 g KCI tartılarak behere konulmuş ve üzerine 980 mL distile su eklenmiştir. pH ölçülmüş ve HCI ile pH 1.0 (±0,05) ayarlanmıştır.

** pH 4.5 tampon çözeltisi (0,4 M sodyum asetat); 54,43 g $CH_3CO_2Na.3H_2O$ tartılarak kaba konulmuş ve üzerine 960 mL distile su eklenmiştir. pH ölçülmüş ve HCI ile pH 4.5 (±0,05) ayarlanmıştır.



Şekil 3.13. Toplam monomerik antosiyanin tayin yöntemi akış şeması

3.2.3.2.5. ABTS Yöntemi ile Toplam Antioksidan Madde Tayini

Taze ve kuru erik örneklerinin antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla TEAC (troloks eşdeğer antioksidan kapasite) yöntemi kullanılmıştır. TEAC yöntemi, ABTS katyonunun antioksidanlar tarafından indirgenmesine dayanan bir metottur. Bu nedenle ABTS yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Yöntemin in vitro deneylerde kullanılan diğer antioksidan aktivite tayin yöntemlerine kıyasla daha kolay, pratik ve hızlı oluşunun yanı sıra UV-vis spektrofotometre dışında herhangi bir ekipman gerektirmiyor olması yapılan çalışmada yöntem seçimi konusunda etkili birer faktör olmuştur. Ayrıca bu yöntemde kullanılan $ABTS^{\cdot+}$ radikali hem suda hem de organik çözücülerde çözünebildiği ve iyonik kuvvetlerden etkilenmediği için bu yöntem çoklu ortamlarda uygulanabilmekte, ayrıca hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanların tayininde kullanılabilmektedir [71].

Cemeroğlu, 2010 tarafından önerilen yönteme göre yapılan antioksidan aktivite tayininde 2,45 mM potasyum persülfat içeren 7 mM'lık ABTS çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözelti, oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda en az 12–16 sa.

bekletilerek $ABTS^{\cdot+}$ radikal çözeltisinin oluşması sağlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan radikal çözeltisi 2-3 gün stabil kalmaktadır. Analize başlamadan önce radikal çözeltisi, PBS (Phosphate buffer saline: tuzlu fosfat tampon) çözeltisi ile 734 nm'de 0,700 (± 0,02) absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmiştir. Bu seyreltilmiş $ABTS^{\cdot+}$ radikal çözeltisinin başlangıç absorbans değeri kaydedilmiştir. Daha sonra $ABTS^{\cdot+}$ radikal çözeltisinden 1 mL alınarak üzerine 10 µL örnek ekstraktı eklenerek hafifçe karıştırıldıktan sonra kronometre çalıştırılmış ve 6 dk. sonra absorbans değerleri okunarak kaydedilmiştir. $ABTS^{\cdot+}$ çözeltisinin başlangıç absorbans değerine göre yüzde azalma oranı hesaplanmıştır. Bu değer, 6 dk. sonundaki "inhibisyon oranı" olarak isimlendirilmektedir. Bu işlem 2 kez tekrarlanmış ve inhibisyon oranları hesaplanarak bunların ortalamaları saptanmıştır. Daha sonra, örnek hacmi değiştirilerek (2,5, 5, 7,5, 10 µL) aynı işlemler tekrarlanmıştır. Her örnek için 4 farklı hacimde çalışılmıştır. Bu şekilde, her örnek miktarına bağlı olan inhibisyon oranları ve bunların ortalamaları belirlenmiştir. Sonrasında örnek miktarlarına (hacimlerine) karşılık gelen örnek konsantrasyonları hesaplanmıştır. Böylece 6 dk. sonunda saptanmış ortalama yüzde inhibisyon değerleri örnek konsantrasyonlarına karşı bir grafiğe aktarılıp lineer regresyon analizi uygulanmak suretiyle, örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Örneğe ilişkin eğrinin eğimi, standart eğrinin eğimine oranlanarak örneğin TEAC (troloks eşdeğer antioksidan kapasite) değeri hesaplanmıştır [72].

3.2.3.2.6. Hidroksimetil furfural (HMF) Tayini

Kuru eriklerdeki HMF miktarının belirlenmesinde, 3 aşamadan (ekstraksiyon, tanımlama ve hesaplama) oluşan HPLC yöntemi uygulanmıştır.

Ekstraksiyon

Bu amaçla Coşkun (2010) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır [73]. Waring den geçirilerek öğütülen örnek kitlesinden yaklaşık 5 g (±0,001 g) alınarak, 20 mL damıtık su içinde +4°C'de 1 gece süreyle rehidrasyona bırakılmıştır. Bu karışım daha sonra yine waringde 1'er dakikadan toplam 5 dk. süreyle homojenize edilmiştir. Homojenizatörün bıçakları 20 mL su ile yıkandıktan sonra, elde edilen süspansiyon 4000 rpm 19°C'de 10 dk. süreyle santrifüjlenmiştir. Santrifüj tüpündeki berrak süpernatant fazı doğrudan 50 mL'lik ölçü balonuna alınıp, hacme tamamlanmıştır. Balondaki çözeltinin bir bölümü 0,45 µm gözenek çaplı PVDF (polyvinylidene

fluoride) filtreden (Millipore, Bedford, MA, A.B.D) filtre edilerek HPLC'in oto-örnekleme ünitesinde kullanılan amber renkli 1,5 mL'lik cam şişelere (vial) alınmış ve HPLC'ye enjekte edilmiştir.

Tanımlama ve hesaplama

Kuru eriklerde HMF'nin tanımlanması ve miktarlarının hesaplanmasında, yüksek performanslı sıvı kromatografisinden (HPLC Agilent 1260 Series, ABD) yararlanılmıştır. Tablo 3.3.'de kullanılan HPLC cihazının çalışma koşulları gösterilmektedir.

Tablo 3.3. HPLC çalışma koşulları

Sistem	HPLC çalışma koşulları
Marka	Agilent
Model	1260
Kolon	Zıt faz C_{18} kolon (250 x 4,6 mm, 5 µm) (Phenomenex, Los Angeles, CA, A.B.D)
Dedektör	DAD
Mobil Faz	Metanol:su (10:90, v/v)
Dalga Boyu	285 nm
Akış Hızı	1 mL/dak
Kolon Sıcaklığı	25°C
Elüsyon Süresi	56 dk.
Enjeksiyon Hacmi	20 µL

Kromatogramlarda elde edilen HMF pikleri, standart maddenin kolondaki geliş süresi (retention time) ve DAD dedektöründe elde edilen UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Örnekteki HMF miktarı, standart maddeden 6 farklı konsantrasyonda hazırlanan HMF çözeltilerinin HPLC cihazına enjekte edilmesi ile elde edilen standart eğriden yararlanılarak hesaplanmıştır.

3.2.3.3. İstatistiksel Analiz Yöntemi

Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirmek üzere, SPSS (version 22) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi ve ardından farklılıkları belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Ayrıca bütün ve yarım şekilde kurutma işlemi uygulanmış örneklerin farklılığını belirlemek için T testi uygulanmıştır. Veriler %95 önem seviyesinde analiz edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Örneklerin Kodlanması

Yapılan tez çalışması sırasında elde edilen ve analiz işlemi uygulanan örneklerin isimleri, tablolarda ve yorumlarda kısa kod isimleri ile verilmiştir. Kod isimlerin hangi örneği temsil ettiğini gösteren açıklamalara Tablo 4.1.'de yer verilmiştir.

Tablo 4.1. Örnek kodları

Hammadde (Taze erik)	H
GK	Güneşte kurutma
P100	900 W Mikrodalga kurutma
P80	720 W Mikrodalga kurutma
P50	450 W Mikrodalga kurutma

Çalışmada hammadde olarak kullanılan *Prunus domestica* subsp. İnsititia, mürdüm eriği örneklerinde toplam kuru madde, renk, su aktivitesi, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, doku, toplam fenolik bileşik, toplam flavonoid, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite ve HMF miktarı analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Taze eriğin fiziksel ve kimyasal bazı özellikleri

Özellik		**Miktar**
Toplam kuru madde (%)		18,08±0,53 (Vakumlu etüv) 19,59±0,71 (Radvag)
Su aktivitesi		0,75±0,05
Toplam fenolik bileşik (mg/100 g GAE)		669,19±5,40
Toplam flavonoid (mg Kateşin/100 g)		45,89 ±2,88
Toplam monomerik antosiyanin (mg/kg)		44,67±8,86
Antioksidan kapasite (µM troloks/g erik)		9,76±0,28
HMF (mg/kg)		Tespit edilemedi
Serbest yığın yoğunluğu (g/mL)		0,53±0,00
Partikül yoğunluğu (g/mL)		1,16±0,01
Renk	**L**	26,15±0,81
	a	1,37±0,24
	b	-2,49±0,61
	Δ E	24,38±0,68
	H	-29,72±9,44

4.2. Fiziksel Analizler

4.2.1. Toplam Kuru Madde

Denemelerde ilk nem içeriği ortalama %81,92 olan erikler kullanılmıştır. Erik kurutulması üzerine yapılan çalışmalarda kurutma işleminin sonunda elde edilen ürünün son nem içeriğinin %16-19 olması gerektiği bildirilmiştir [2, 26, 27]. Bu nedenle çalışmada ürünün son nem içeriği %18 olarak seçilmiştir.

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin toplam kuru madde değerleri iki farklı yöntemle analiz edilmiştir. İlk yöntem olan vakumlu etüv yöntemi ile ölçülen toplam kuru madde değerleri Tablo 4.3.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Vakumlu yöntem ile belirlenen toplam kuru madde değerleri

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	81,82±0,52[a]	81,62±0,92[a]
P100	81,71±0,50[a]	82,17±0,31[a]
P80	81,07±0,56[a]	81,72±0,88[a]
P50	81,50±0,57[a]	81,54±0,44[a]

Kullanılan taze erikte %18,08 olan toplam kuru madde değerinin her iki yöntem ve şekil ile kurutulan örneklerde 81,07-82,17 aralığında olduğu görülmektedir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin toplam kuru madde miktarı üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [$F(0,946)= 0,437$, $p>0,05$]. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin toplam kuru madde miktarı üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [$F(0,607)= 0,618$, $p>0,05$].

Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için toplam kuru madde miktarı açısından önemsizdir ($p>0,05$).

Toğrul ve ark., 2004 5 farklı meyvenin (kayısı, üzüm, şeftali, incir, erik) güneşte kurutma modellemesini yaptıkları çalışmada da, kurutma işlemi %15-17 nem içeriğine kadar yapmışlardır [42].

Heybeli, 2017 farklı kurutma metotları (ısıtılmış hava, mikrodalga destekli ısıtılmış hava ve kızılötesi ışın destekli ısıtılmış hava) kullanarak Stanley erik çeşidinin

kurutma karakteristiklerini incelemiştir. Kullanılan mikrodalga ve kızılötesi ışın güçleri 300, 400 ve 500 W kurutma havası sıcaklığı 60, 70 ve 80°C ve kurutucuya giriş havası hızı ise sabit 2 m/s olarak belirlenmiştir. Çalışmada ürünün son nem içeriği %20 olarak seçilmiştir [5].

İkinci yöntem olan hızlı kuru madde yöntemi ile analiz sonuçları Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Hızlı yöntem ile belirlenen toplam kuru madde değerleri

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	83,56±0,42[a]	83,62±0,23[a]
P100	83,60±0,13[a]	83,24±0,24[a]
P80	83,01±0,23[a]	83,48±0,11[a]
P50	83,28±0,17[a]	83,30±0,18[a]

Kullanılan taze erikte %19,59 olan toplam kuru madde değerinin her iki yöntem ve şekil ile kurutulan örneklerde %83,01-83,62 aralığında olduğu görülmektedir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin toplam kuru madde miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [$F(3,356)=0,039$, $p<0,05$]. Ancak sonuçlardaki farklılık Tukey Post-Hoc (Çoklu Karşılaştırma) testi ile değerlendiğinde fark olmadığı görülmüştür. Yarım şekilde kurutulmuş eriklerin toplam kuru madde miktarı üzerine etkisinin ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir [$F(1,492)=0,247$, $p>0,05$].

Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için toplam kuru madde miktarı açısından önemsizdir ($p>0,05$).

Tarhan, 2007 taze eriklerin ortalama nem içeriğini 79,73 (±0,38) olarak tespit etmiştir. Erik örneklerinin yapay kurutma işlemi sonrası ağırlığının %72,6'sını kaybederek nem içeriklerini % 21,85 olarak saptamıştır [41].

4.2.2. Kuruma Süresi

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin kuruma süresi değerleri Tablo 4.5.'de verilmiştir. Güneşte kurutulan bütün erikler için kuruma süresi 17 gün 16 sa. olarak belirlenmişken, bu süre güneşte kurutulan yarım erikler için oldukça azalmış olup, 4 gün 14 sa. indiği görülmüştür. Bütün ve yarım olmak üzere mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin kuruma süresi değerlerinin 26 dk. 27 s-48 dk. 20 s arasında değiştiği saptanmıştır. Bütün eriklerin mikrodalga ile kurutulması sırasında en yüksek güç değeri olan P100 kurutma işlemi için kuruma süresi 28 dk. 46 s, P80 kurutma işlemi için 29 dk 40 s., P50 kurutma işlemi için ise 48 dk. 20 s olarak bulunmuştur. Yarım eriklerin mikrodalga ile kurutulması sırasında en yüksek güç değeri olan P100 kurutma işlemi için kuruma süresi 26 dk. 27 s, P80 kurutma işlemi için 27 dk. 7 s, P50 kurutma işlemi için ise 43 dk. 40 s olarak saptanmıştır.

Tablo 4.5. Eriklerin kuruma süreleri

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	17 gün 16 sa.	4 gün 14 sa.
P100	28 dk. 46 s	26 dk. 27 s
P80	29 dk. 40 s	27 dk. 7 s
P50	48 dk.20 s	43 dk. 40 s

Sonuçlara bakıldığında, mikrodalgada kurutmanın, güneşte kurutmaya kıyasla kuruma süresini oldukça azalttığı görülmektedir. Çalışma kapsamında örneklere uygulanan tüm mikrodalga kurutmalarda, mikrodalga gücünün artışı ile kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Benzer sonuçları Sarı ve ark. 2014 çalışmalarında ananasın mikrodalgada kurutulması ile elde etmişlerdir [59].

Güneşte kurutulan yarım erikler bütün eriklere göre neredeyse 4 kat daha hızlı kurumuştur. Bunun sebebi olarak, bütün eriklerin kabuklu yapısından dolayı ısı transferinin daha zor olması düşünülmektedir.

Toğrul ve ark., 2004 erik örneklerine %1 NaOH ile 10-15 saniye bandırma işlemi uyguladıktan sonra güneşte kurutma işlemi ile hedefledikleri nem içeriği olan %15-17 değerine 5 günde ulaşmışlardır [42].

Michalska ve ark., 2016 farklı mikrodalga güçlerinde erik kuruttukları çalışmada mikrodalga vakum kuruma süresini 32-120 dk. ve konveksiyon ön kurutma -mikrodalga son kuruma süresini 394-664 dk. olarak saptamışlardır [4].

Heybeli, 2017 farklı kurutma havası sıcaklığı (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) kullanarak kuruttuğu Stanley erik çeşitlerinde örneklerin %20 nem içeriğine düşürülmeleri için gerekli süreyi hesaplamıştır [48]. Kurutulacak erikler bandırma işlemine tabi tutulmuştur. 60°C için 4450 (74 saat 10 dk.) ile 4780 dk. (79 saat 40 dk.), 70°C için 1902 dk. (31 saat 42 dk.) ile 1946 dk. (32 saat 26 dk.), 80°C için 1097 dk. (18 saat 17 dk.) ile 1165 dk. (19 saat 25 dk.) arasında değiştiğini gözlemlemiştir [5]. Bizim çalışmamıza kıyasla, kurutma işleminde sadece mikrodalga kurutma değil mikrodalga destekli ısıtılmış hava kullanılması ve mikrodalga sıcaklık güçlerinin daha düşük olması nedeniyle kuruma süresinin daha uzun olduğu düşünülmektedir.

Baysal ve ark., 2015 yaptıkları çalışmada da elma dilimlerinin mikrodalga kuruma süresini 20 dk. olarak hesaplamışlardır [55]. Tez çalışmamızda elde edilen kuruma süresi değerleri bu değerlere yakın bulunmuştur.

4.2.3. Renk

Güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan bütün ve yarım (dış kısım) erik örneklerinin renk değerleri Tablo 4.6.‘da verilmiştir.

Tablo 4.6. Kurutulmuş bütün ve yarım (dış kısım) eriklerin renk değerleri

	L		a		b		ΔE		H	
Kurutma şekli	**Bütün**	**Yarım (dış)**	**Bütün**	**Yarım (dış)**	**Bütün**	**Yarım (dış)**	**Bütün**	**Yarım (dış)**	**Bütün**	**Yarım (dış)**
GK	21,07±1,22 ^{a}	18,30±0,42^{a}	0,69±0,14^{c}	0,98±0,33^{a}	0,43±0,11^{a}	0,36±0,23^{a}	27,26±0,62^{b}	29,33±0,37^{a}	60,20±4,59^{a}	72,61±8,15^{a}
P100	19,36±0,55^{b}	18,88±0,64^{a}	1,69±0,27^{ab}	1,37±0,11^{a}	0,29±0,21^{a}	0,37±0,12^{a}	28,20±0,65^{ab}	28,69±0,57^{a}	41,25±5,46^{b}	77,65±3,52^{a}
P80	19,43±099^{b}	18,78±0,31^{a}	2,02±0,81^{a}	1,29±0,20^{a}	0,55±0,39^{a}	0,36±0,29^{a}	27,95±1,16^{b}	28,24±0,23^{a}	76,12±4,61^{b}	76,21±12,01^{a}
P50	18,37±0,41^{b}	18,99±0,50^{a}	1,21±0,09^{bc}	1,04±0,31^{a}	0,30±0,01^{a}	0,29±0,25^{a}	29,18±0,39^{a}	28,69±0,40^{a}	76,03±1,12^{b}	77,67±10,85^{a}

Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin L [F (10,670)=0,0..01, p<0,05)], a [F (12,670)=0,0..01, p<0,05)], ΔE [F (6,711)=0,001, p<0,05)] ve H [F (10,800)=0,0..01, p<0,05)] değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan b değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (1,435)=0,252, p>0,05)]. Kurutma işleminin erik örneklerinin b değerleri hariç diğer renk parametrelerini etkilediği sonucuna varılabilir.

Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin L değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (10,670)=0,0..01, p<0,05)]. L değeri bütün erikler için 18,37- 21,07 değerleri arasında saptanmıştır. Bütün erikler için minimum L değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek L değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Erik örneklerinin L değerleri incelendiğinde, taze eriklerin L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığı belirlenmiştir. Yani kuru eriklerin parlaklık değerlerinin (L) taze eriklerden daha düşük olduğu görülmüştür. Çünkü kurutma tekniği sebze ve meyvelerin esmerleşmesine neden olur. Mikrodalga ile kurutulan ürünlerle kıyaslandığında, güneşte kurutulan eriklerin parlaklık değerlerinin daha iyi korunduğu gözlenmiştir.

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin a değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (12,670)=0,0..01, p<0,05)]. Kurutulan örneklerin kırmızılık (+a) -yeşillik (-a) değerleri incelendiğinde örneklerin kırmızı bölümde kaldığı belirlenmiştir. Bütün erikler için a değeri 0,69-2,02 olarak saptanmıştır. Bütün erikler için minimum a değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek a değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tablo 4.2. ve Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, erik örneklerinin a değerleri incelendiğinde, taze erik örneklerinin a değerlerinin güneşte kurutma ve P50 güç mikrodalga kurutma ile azaldığı; fakat P100 ve P80 güçlerde mikrodalga kurutma ile a değerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca P100 ve P80 güçlerde mikrodalga kurutma ile kurutulan ürünlerde kurutma sıcaklığı arttıkça, örneklerin a değerleri yükselmiştir. Ortalama olarak, en yüksek a değerleri P100 ve P80 güçlerde mikrodalga kurutma yöntemle kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin b değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (1,435)=0,252, p>0,05)]. Taze eriğin b değeri mavilik düzeyinde iken, örneklerin kurutulması ile b değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptamıştır. Bütün erikler için b değeri 0,29-0,55 olarak hesaplanmıştır. Minimum b değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek b değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin ΔE değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (6,711)=0,001, p<0,05)]. ΔE değeri bütün erikler için 27,26-29,18 olarak hesaplanmıştır. Minimum ΔE değeri güneşte kurutulan eriklerde ve en yüksek ΔE değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Minimum ΔE değeri baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler güneşte kurutulan erikler olarak saptanmıştır.

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin H değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (10,800)=0,0..01, p<0,05)]. Bütün erik örnekleri için H değeri 41-25-76,12 olarak hesaplanmıştır. McGuire (1992) çalışmasında H° değerini bir renk dairesi olarak tanımlayıp kırmızı- mor renkler 0°-270°arasındaki açı değerini almakta iken, sarı 90° açı değerini, mavimsi yeşil renkler ise 180°-270° arasındaki açı değeri ile tanımlandığını belirtmektedir [74]. Bu verilerden yola çıkılırsa hem taze örnek hem de kurutma yöntemlerinden elde edilen eriklerin H değerleri H<90° olduğu için mor bölgesinde olduğu söylenebilir. Minimum H değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan ürünlerde ve en yüksek H değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için H değeri açısından önemlidir (p<0,05).

Tez çalışmasında renk değişimlerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu oluşumun sebebi olarak, mikrodalga ısıtma sırasında ürün sıcaklığının anlık yüksek değerlere ulaşılmasının sonucunda renk maddelerinin parçalanmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Urun, 2015 yaptığı çalışmada patlıcan ve kabak örneklerinin L değerlerini incelediğinde, taze patlıcanların L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığını belirlemiştir. Ortalama olarak en yüksek toplam renk değişimi güneşte kurutulan örneklerde gözlemiştir [66].

Heybeli, 2017 taze ve farklı sıcaklık uygulaması ile kurutulan erik örneklerin renk değişimleri incelediğinde, ön işlem gören örneklere uygulanan sıcaklığın artması ile parlaklığının arttığını, ön işlem görmeyen örneklerde ise azalma meydana geldiğini saptamıştır. Kurutulan örneklerin kırmızı bölümde kaldığını belirlemiştir. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile ön işlem gören örneklerin kırmızılık değerlerinde artış olurken, ön işlem görmeyen örneklerde azalma oluşmuştur. Taze eriğin b* değeri mavilik düzeyinde olup, buna karşın örneklerin kurutulması esnasında b* değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptamıştır. Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda ön işlem görmeyen örneklerde bu değerin mavi renk bölgesinde bulunduğunu belirlemiştir. Uygulamalar sonucunda elde edilen verilere göre ön işlem görmeyen örneklerde 60°C kurutma havası sıcaklığında renk skalasında mor renk alanına yakın değerler elde edildiğini belirlemiştir. Diğer örneklerin ise b* değeri pozitif eksende ilerlediği için örnek renk skalasında koyu kırmızı alanda yer aldığını saptamıştır. ΔE değerlerine bakıldığında en düşük değer baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler; ön işlem görenlerin kurutma havası sıcaklığının 70°C, ön işlem görmeyenlerde ise 60°C uygulamasında gerçekleştiğini rapor etmiştir. Hue (H) açısının sayısal değerinin 0'a yaklaşması kırmızı renk yoğunluğunun arttığını belirtir. Hue açısı ön işlem gören örneklerin 70°C ve görmeyen örneklerin ise 60°C'lik kurutma havası sıcaklıklarında "0" değerine yakın olduklarını saptamış ve örnekte kırmızı renk yoğunluğunun arttığını belirlemiştir. Ayrıca tüm kurutma havası sıcaklıklarında elde edilen değerlerin H<90° olduğu için mor bölgesinde olduğunu bildirmiştir [5].

Tarhan, 2007 yapay kurutucuda kurutulmuş, serada kurutulmuş ve güneşte kurutulmuş eriklerin yüzeyi üzerinde ölçülen üç renk skalasının (L, a, b) ortalama değerlerini saptamıştır. Yaptığı bu çalışmada bandırma işlemi sonrası kurutulan eriklerin L değerlerini 16,57-21,23, a değerlerini 2,53-7,56, b değerlerini ise 0,35-4,71 olarak saptamıştır. Tez çalışmamızdaki sonuçlar bu sonuçlar ile uygunluk göstermektedir [41].

Güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan yarım erik örneklerinin dış renk değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin dış kısımlarının L [F (1,422)=0,254, p>0.05], a [F (2,024)=0,130, p>0,05], b[F (0,030)=0,993, p>0,05], toplam renk farkı [F (1,774)=0,172, p>0,05] ve H [F (0,387)=0,763, p>0,05], üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir (p>0,05). Yarım erik örneklerinin dış kısımlarının taze ve kuru halde renk parametrelerinin incelenmesi ile kurutma işleminin renk parametreleri üzerinde önemsiz olduğu tespit edilmiştir (p>0,05).

Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin dış kısımlarının L değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (1,422)=0,254, p>0,05]. L değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 18,30-18,99 değerleri arasında saptanmıştır. Yarım erik örneklerinin dış kısımları için minimum L değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek L değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Yarım erik örneklerinin dış kısımlarının L değerleri incelendiğinde, taze eriklerin L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığı belirlenmiştir. Ortalama olarak, en düşük L değeri, güneşte kurutma yöntemi ile kurutulan erik örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durumun enzimatik esmerleşme reaksiyonuyla ilişkisi olduğu düşünülmektedir. Güneşte kurutma için bütün veya yarı kurutma L değeri açısından anlamlıdır (p<0,05). P100, P80 ve P50 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma L değeri açısından önemsizdir (p>0,05).

Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin dış kısımlarının a değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (2,024)=0,130, p>0,05]. a değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 0,98-1,37 olarak saptanmıştır. Yarım erik örneklerinin dış kısımları için minimum a değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek a değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tablo 4.2. ve Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, erik örneklerinin dış kısımlarının a değerleri incelendiğinde, taze erik örneklerinin a değerlerinin kurutma işlemi ile azaldığı görülmüştür. Ortalama olarak, en yüksek a değeri P100 mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş

ürünlerde olduğu kaydedilmiştir. Güneşte kurutma için bütün veya yarı kurutma a değeri açısından önemsizdir ($p>0,05$). P100 ve P50 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma a değerleri açısından önemsizdir ($p>0,05$). P80 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma a değeri açısından anlamlıdır ($p<0,05$).

Tablo 4.6.'da görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin dış kısımlarının b değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (0,030)=0,993, $p>0,05$]. Taze eriğin b değeri mavilik düzeyinde iken, örneklerin kurutulması ile b değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptamıştır. b değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 0,29-0,37 olarak hesaplanmıştır. Minimum b değeri P50 güçte mikrodalga kurutma yöntemle kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek b değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için b değeri açısından önemsizdir ($p>0,05$).

Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin dış kısımlarının ΔE değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (1,774)=0,172, $p>0,05$]. ΔE yarım erik örneklerinin dış kısımları için 28,24-29,33 olarak hesaplanmıştır. Minimum ΔE değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan eriklerde ve en yüksek ΔE değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Minimum ΔE değeri baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler mikrodalga ile kurutulan erikler olarak saptanmıştır. Güneşte kurutma için bütün veya yarı kurutma ΔE değeri açısından anlamlıdır ($p<0,05$). P100, P80 ve P50 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma ΔE değeri açısından önemsizdir ($p>0,05$).

Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin dış kısımlarının H değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (0,387)= 0,763, $p>0,05$]. H değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 72,61-77,67 olarak hesaplanmıştır. Hem taze örnek hem de kurutma yöntemlerinden elde edilen eriklerin H değerleri $H<90°$ olduğu için mor bölgesinde olduğu söylenebilir. Minimum H değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek H değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan eriklerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için H değeri açısından önemlidir ($p<0,05$).

Güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan yarım erik örneklerinin iç renk değerleri Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Kurutulmuş yarım eriklerin renk değerleri (iç kısım)

	Yarım (iç kısım)				
Kurutma şekli	**L**	**a**	**b**	**ΔE**	**H**
GK	$23,37\pm1,24^{a}$	$7,50\pm0,26^{a}$	$7,36\pm0,49^{a}$	$20,98\pm1,33^{b}$	$45,53\pm1,03^{b}$
P100	$20,42\pm0,67^{b}$	$4,00\pm0,16^{c}$	$3,07\pm0,34^{c}$	$25,61\pm0,62^{a}$	$52,71\pm3,65^{a}$
P80	$21,25\pm1,34^{b}$	$4,47\pm0,32^{c}$	$3,72\pm0,35^{c}$	$24,63\pm1,56^{a}$	$50,36\pm1,69^{ab}$
P50	$21,49\pm2,54^{ab}$	$5,87\pm1,30^{b}$	$5,03\pm1,60^{b}$	$23,64\pm3,05^{a}$	$49,90\pm2,56^{ab}$

Tablo 4.7.'de görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç kısmı için L [F (5,173)=0,005, p<0,05)], a [F (41,014)=0,0..01, p<0,05)], b [F (41,691)=0,0..01, p<0,05)], ΔE [F (10,559)=0,0..01, p<0,05)] ve H [F (4,739)=0,008, p<0,05)], değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Tablo 4.2 ve Tablo 4.7'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin iç kısımlarının taze ve kuru halde renk parametrelerinin incelenmesi ile kurutma işleminin renk parametreleri üzerinde önemli etkileri olduğu bulunmuştur.

Tablo 4.7.'de görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç kısımlarının L değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (5,173)=0,005, p<0,05)]. L değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 20,42-23,37 değerleri arasında saptanmıştır. Yarım erik örneklerinin iç kısımları için minimum L değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek L değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Erik örneklerinin L değerleri incelendiğinde, taze eriklerin L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığı belirlenmiştir. Ortalama olarak, en düşük L değeri, P100 mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan erik örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durumun enzimatik esmerleşme reaksiyonuyla ilişkisi olduğu düşünülmektedir.

Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç kısımlarının a değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (41,014)=0,0..01, p<0,05)]. a değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 4,00-7,50 olarak saptanmıştır. Yarım erik örneklerinin iç kısımları için minimum a değeri P100 güçte

mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek a değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tablo 4.2. ve Tablo 4.7.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin iç kısımlarının a değerleri incelendiğinde, taze erik örneklerinin a değerlerinin kurutma işlemi ile arttığı görülmüştür. Ortalama olarak, en yüksek a değerleri güneşte kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Tablo 4.7.'de görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç kısımlarının b değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (41,691)=0,0..01, p<0,05)]. Taze eriğin b değeri mavilik düzeyinde iken, örneklerin kurutulması ile b değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptamıştır. b değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 3,07-7,36 olarak hesaplanmıştır. Minimum b değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek b değeri güneşte kurutulan ürünlerde kaydedilmiştir.

Tablo 4.7.'de görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç kısımlarının ΔE değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (10,559)=0,0..01, p<0,05)]. ΔE yarım erik örneklerinin iç kısımları için 20,98-25,61 olarak hesaplanmıştır. Minimum ΔE değeri güneşte kurutulan eriklerde ve en yüksek ΔE değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Minimum ΔE değeri baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler güneşte kurutulan erikler olarak saptanmıştır.

Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç kısımlarının H değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (4,739)=0,008, p<0,05)]. H değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 45,53-52,71 olarak hesaplanmıştır. Hem taze örnek hem de kurutma yöntemlerinden elde edilen eriklerin H değerleri H<90° olduğu için mor bölgesinde olduğu söylenebilir. Minimum H değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek H değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan eriklerde kaydedilmiştir.

Albanese ve ark., 2013 yaptıkları çalışmada sıcak hava ve mikrodalga kullanarak *Vitillo (Prunus armeniaca L.)* çeşidi kayısıları kurutmuşlardır. Mikrodalga ile kurutulmuş kayısılarda daha düşük bir açıklık (L*) kaybı gözlendiği kaydedilmiştir [52].

Rodriguez ve ark., 2015 taze erikteki renk parametrelerini L = 22,582±3,147, a = −1,108±0,646 ve b = 14,105±2,330 olarak tespit etmişlerdir. Kurutma işlemi sonrası L, a ve b değerleri taze meyve ile karşılaştırmışlardır. L değerleri 21,091-29.831 arasında, a değerleri 4,591-9,057 ve b değerleri 5,515-16,940 arasında değişmiştir [50]. Bu sonuçlar elde ettiğimiz çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir

Baysal ve ark., 2015 elma dilimlerinin kalite özellikleri üzerine tepsili kurutma, ısı pompası kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin etkilerinin, yanı sıra kurutma yöntemlerinin enerji verimliliğini araştırdıkları çalışmada H değerlerini 67,68- 82,56 arasında bulmuşlardır [55].

Arıkan, 2009 yaptığı çalışmada havuç kullanarak mikrodalga-konvektif kurutma uygulamalarının etkinliklerini geleneksel konvektif kurutma yöntemiyle karşılaştırmıştır. Elde edilen verilere göre kesikli mikrodalga-konvektif hava, konvektif havayla kurutmaya kıyasla önemli oranda kazanç sağladığını belirlemiş olup, bu kombinasyonların fiziksel (renk ve tekstür) ve duyusal nitelikler bakımından yüksek kalitede kuru ürün üretiminde en uygun kurutma yöntemleri olduğunu belirtmiştir [53].

4.2.4. Su Aktivitesi

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin su aktivitesi değerleri Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Kurutulmuş eriklerin su aktivitesi değerleri

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	0,66 ±0,02[a]	0,60 ±0,02[a]
P100	0,61 ±0,02[a]	0,68 ±0,01[a]
P80	0,65 ±0,04[a]	0,66 ±0,07[a]
P50	0,65 ±0,05[a]	0,65 ±0,09[a]

Kullanılan taze erikte 0,75 olan su aktivitesi değerinin her iki yöntem ve şekil ile kurutulan örneklerde 0,60-0,68 aralığına düştüğü kaydedilmiştir. Bu değerlerin

mikrobiyolojik açıdan ürünü güvenli sağlayacak düzeyde olduğu görülmektedir [75]. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin su aktivitesi üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (2,674)=0,075, p>0,05]. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin su aktivitesi üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (2,665)=0,076, p>0,05].

Mikrodalga kurutma tipleri için bütün veya yarı kurutma su aktivitesi açısından önemsizdir (p>0,05). Güneşte kurutma için bütün veya yarı kurutma su aktivitesi açısından anlamlıdır (p<0,05).

Su aktivitesi gıda teknolojisinde önemli bir fizikokimyasal özelliktir. Nem değerinden farklı olarak gıda kalitesinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kararlılığı belirlemektedir. Yüksek oranda su içeren taze meyvelerde 0,97-0,99 olan su aktivitesi değerleri kurutulmaları ile 0,60 aw değerine kadar düşmektedir. Kuru meyvelerdeki su aktivitesi değerlerinin 0,505-0,694 aralığında değiştiği saptanmıştır [75].

Rodriguez ve ark., 2015'nın yaptığı çalışmada taze erikteki su aktivitesi değerleri 0,966±0,002 aralığında bulunmuşken, kurutma işleminden sonra deney koşullarına bağlı olarak su aktivitesi değerlerinin 0,441 ile 0,845 arasında değiştiği görülmüştür [50]. Tüm kurutma tipleri için elde edilen su aktivitesi değerleri bu değerlere yakın bulunmuş olup tez çalışmamız ile uygunluk göstermektedir.

4.2.5. Rehidrasyon Oranı

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin rehidrasyon oranı değerleri Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Kurutulmuş eriklerin rehidrasyon oranı değerleri (8 saat sonra)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	1,44±0,15^{b}	2,30±0,20^{b}
P100	3,60±0,09^{a}	3,24±0,19^{a}
P80	3,48±0,42^{a}	3,00±0,16^{a}
P50	3,32±0,51^{a}	3,00±0,24^{a}

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin rehidrasyon oranı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (50,808)=0,0..01, p<0,05)]. Rehidrasyon oranı değeri bütün erikler için 1,44-3,60 olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum rehidrasyon oranı değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek rehidrasyon oranı değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin rehidrasyon oranı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (25,579)=0,0..01, p<0,05)]. Rehidrasyon oranı değeri yarım erikler için 2,30-3,24 olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum rehidrasyon oranı değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek rehidrasyon oranı değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma rehidrasyon oranı açısından anlamlıdır (p<0,05). P80 ve P50 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma rehidrasyon oranı açısından önemsizdir (p>0,05).

Tablo 4.9.'da görüldüğü gibi, güç seviyesi arttıkça erik örneklerin rehidrasyon oranlarında artış gerçekleşmiştir. Bunun sebebi, daha yüksek sıcaklıklarda kurutulan örneklerde istenilen toplam kuru madde değerine daha kısa sürede ulaşılması olarak açıklanabilir. Benzer şekilde, Vega-Galvez ve ark., 2012 elma dilimleri üzerine yaptıkları çalışmada daha yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon süresince daha fazla su aldığını bildirmişlerdir [76] .

Kurutulmuş bir üründe aranan en önemli nitelik olan rehidrsayon yeteneği, kullanılan su ile ürünün eski haline dönüşebilme düzeyidir. Kurutulmuş bir ürün suda tutulunca, taze halinde içerdiği kadar su alarak eski haline ve şekline dönüşürse, mükemmel niteliklerde olduğu kabul edilir [77]. Yüksek sıcaklıklarda rehidrasyon, sıcaklığın hücre duvarı ve dokusu üzerine etkisiyle gelişir [78].Yüksek sıcaklıklarda kurutulan ürünlerin rehidrasyon kabiliyet kaybı yüzeysel kabartma olayı, hücre yapısının çökmesi ve ürün porozitesinin azalması ile ilgilidir [79].

Kurutulmuş örneklerde en düşük rehidrasyon oranının güneşte kurutulan örneklerde olduğu saptanmıştır. Güneşte kurutulan örneklerin su içeriğinin başlangıç

değerlerini geri kazanmamıştır. Ayrıca mikrodalgada kurutulmuş ürünler rehidrasyon analizi sonucu görsel olarak taze erik görüntüsüne yakın olmuştur. Bu durumda kalite açısından mikrodalga ile kurutulan ürünlerin daha iyi olduğu sonucuna varılabilir.

Urun, 2015 yaptığı çalışmada, organik patlıcan ve kabak örneklerini güneşte kurutma, konvektif kurutma ve infrared destekli konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi ile kurutmuştur. Patlıcan için rehidrasyon oranı değerleri 5,32-6,00 arasında değişirken, güneşte kurutulan örneklerin rehidrasyon oranı değerleri en düşük çıkmıştır. Kabak örnekleri için ise rehidrasyon oranı değerleri 4,35-4,66 arasında değişmiş ve güneşte kurutulan örneklerin rehidrasyon oranı değerlerinin en düşük olduğu saptanmıştır. 5 saatlik rehidrasyon süresi boyunca, farklı yöntemlerle kurutulmuş patlıcan ve kabak örneklerinde rehidrasyon oranlarının artış gösterdiğini rapor etmiştir [66].

Doymaz ve ark., 2015 ayva dilimlerinin kurutma özellikleri üzerine ön işlemlerin etkisini araştırmışlardır. Çalışma 5 mm kalınlık, 50, 57, 64 ve 71°C sıcaklık, 0,4 m/s hava hızı ile ayva dilimleri üzerinde yürütülmüştür. Rehidrasyon oranının, sıcaklıkların 25°C'den 65°C'ye yükselmesiyle arttığını saptamışlardır [65].

Krokida ve ark., 2003 tarafından sıcak hava yöntemiyle 70°C'de kurutulmuş bazı meyve ve sebzelerin rehidrasyon oranı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Kurutulmuş örnekler 40, 50 ve 60°C'de rehidrasyon işlemine tabi tutulup 50 dakikalık zaman aralıklarıyla 200 dk. boyunca rehidrasyon oranı takip edilmiştir. Sonuçta 60°C'de 200 dk. bekletilen domates örneklerinde 4.0 ile en yüksek rehidrasyon oranı elde edildiği belirtilmiştir. Bunu yaklaşık 3,0-3,8 arasında rehidrasyon oranı ile kurutulmuş biber, havuç, balkabağı, pırasa, soğan ve elma örnekleri takip etmiştir. En düşük rehidrasyon oranına sahip ürünler ise 1,0-2,0 arasında olup kurutulmuş mısır, patates, muz, mantar ve bezelye örnekleri olarak rapor etmişlerdir [80].

4.2.6. Serbest Yığın Yoğunluğu

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin serbest yığın yoğunluğu değerleri Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Kurutulmuş eriklerin serbest yığın yoğunluğu değerleri (g/mL)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	0,41±0,01[a]	0,42±0,02[a]
P100	0,32±0,02[b]	0,31±0,04[b]
P80	0,34±0,01[b]	0,35±0,01[b]
P50	0,31±0,02[b]	0,35±0,03[b]

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin serbest yığın yoğunluğu üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (52,172)=0,0..01, p<0,05)]. Serbest yığın yoğunluğu değeri bütün erikler için 0,31-0,41 g/mL olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum serbest yığın yoğunluğu değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek serbest yığın yoğunluğu değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin serbest yığın yoğunluğu üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (20,742)=0,0..01, p<0,05)]. Serbest yığın yoğunluğu değeri yarım erikler için 0,31-0,42 g/mL olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum serbest yığın yoğunluğu değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek serbest yığın yoğunluğu değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga ile P80 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma serbest yığın yoğunluğu açısından önemsizdir (p>0,05). P50 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma serbest yığın yoğunluğu açısından anlamlıdır (p<0.05).

Hammaddenin serbest yığın yoğunluğu değeri 0,53±0,00 g/mL olarak ölçülmüşken son üründe serbest yığın yoğunluğu değerleri 0,31-0,42 g/mL arasında değişiklik göstermektedir. Hammaddeye oranla serbest yığın yoğunluğunda meydana gelen düşüşün erik örneklerindeki su kaybı oranından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Eroğlu, 2012 ozmotik kurutma sonrası mikrodalga kurutucu, mikrodalga +kızılötesi kurutucu ve tepsili kurutucu kullanarak siyah üzümleri kurutmuştur [63]. Kurutulan ürünlerde serbest yığın yoğunluğu değerlerine bakıldığında 0,52-0,54 g/mL arasında değiştiği görülmektedir. Tez çalışmamızdaki sonuçlar bu sonuçlara benzerlik

göstermektedir.

4.2.7. Partikül Yoğunluğu

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin partikül yoğunluğu değerleri Tablo 4.11.'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Kurutulmuş eriklerin partikül yoğunluğu değerleri (g/mL)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	$0,93\pm0,01^{ab}$	$1,91\pm0,04^{a}$
P100	$0,95\pm0,03^{ab}$	$1,27\pm0,02^{b}$
P80	$0,96\pm0,01^{a}$	$1,26\pm0,03^{b}$
P50	$0,91\pm0,04^{b}$	$1,28\pm0,02^{b}$

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin partikül yoğunluğu üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (4,008)=0,022, p<0,05)]. Partikül yoğunluğu değeri bütün erikler için 0,91-0,96 g/mL olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum partikül yoğunluğu değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek partikül yoğunluğu P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin partikül yoğunluğu üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (655,329)=0,0..01, p<0,05)]. Partikül yoğunluğu değeri yarım erikler için 1,26-1,91 g/mL olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum partikül yoğunluğu değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek partikül yoğunluğu değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için partikül yoğunluğu açısından anlamlıdır ($p<0.05$).

Baysal ve ark., 2003 havuç ve sarımsak örneklerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması üzerine yaptıkları bir çalışmada, havuç örneklerinin %84,02 kuru madde içeriğine kadar sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin partikül yoğunluğu değerlerini 1,40 g/mL; mikrodalga ile %92,87 kuru madde içeriğine kadar kurutulmuş örneklerin parçacık yoğunluğu değerlerini 0,70 g/mL; kızılötesi dalgalarla %88,82

kuru madde içeriğine kadar kurutma işlemine tabi tutulmuş örneklerin parçacık yoğunluğu değerlerini ise 1,12 g/mL olarak belirtmişlerdir [68]. Benzer bir çalışma, Eroğlu, 2012 ozmotik kurutma sonrası mikrodalga kurutucu, mikrodalga +kızılötesi kurutucu ve tepsili kurutucu kullanarak siyah üzümleri kurutmuştur. Kurutulan ürünlerde partikül yoğunluğu değerlerinin 1,13-1,27 g/mL arasında değiştiği görülmektedir [63].

Bu çalışmada kullanılan mürdüm eriği ile %82 kuru madde içeriğine kurutulmuş örneklerin partikül yoğunluğu sonuçlarının yukarıdaki çalışmada elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir.

4.2.8. Büzüşme

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin büzüşme değerleri Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Kurutulmuş eriklerin büzüşme değerleri

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	0,27±0,01^{b}	0,27±0,02^{c}
P100	0,36±0,03^{a}	0,38±0,04^{a}
P80	0,34±0,01^{a}	0,33±0,01^{b}
P50	0,35±0,04^{a}	0,33±0,02^{b}

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin büzüşme miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (19,442)=0,0..01, p<0,05)]. Büzüşme değeri bütün erikler için 0,27-0,36 olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum büzüşme değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek büzüşme değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin büzüşme üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (16,816)=0,0..01, p<0,05)]. Büzüşme değeri yarım erikler için 0,27-0,38 olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum büzüşme değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek büzüşme değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm

kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için büzüşme değeri açısından önemsizdir ($p>0,05$).

Kurutma sırasında çoğu gıda maddesinin boyutlarında büzülme adı verilen önemli oranda küçülme gözlenmektedir. Bu şekilsel deformasyonun büyüklüğü kurutulmuş ürünün kalitesi açısından önemlidir. Gıdanın boyutunda küçülmeye ve şeklinde değişikliğe neden olan su kaybı ve ısıtma, gıdaların hücresel yapısında bir zorlamaya sebep olur. Gıda materyallerinin büzülmesi, şekil değişikliği, hacim azalması ve sertliğin artması tüketici üzerinde negatif etkiye neden olur [77].

Baysal ve ark., 2003 havuç ve sarımsak örneklerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması üzerine yaptıkları bir çalışmada, havuç örneklerinin büzüşme değerlerinin 1,85, 2,17 ve 1,96 olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı şartlarda farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan sarımsak örneklerinin büzüşme değerlerinin 1,04, 0,94 ve 0,98 olduğunu tespit etmişlerdir [68].

Mürdüm eriğinde yapılan bu çalışmada büzüşme değerlerinin daha düşük (0,27-0,38) çıkması, söz konusu çalışmalarda kurutulan sarımsak (%88,65) ve havuç (%92,87) örneklerine göre daha düşük kuru madde içeriğine (%82) sahip olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

4.2.9. Doku Profili

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin büzüşme değerleri Tablo 4.13. ve Tablo 4.14.'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Kurutulmuş bütün eriklerin tekstür parametre değerleri

Bütün							
Kurutma şekli	**Sertlik (Hardness) (g)**	**Yapışkanlık (Adhesiveness)**	**Esneklik (Springiness)**	**İç yapışkanlık (Cohesiveness)**	**Sakızımsılık (Gumminess)**	**Çiğnenebilirlik (Chewiness)**	**Elastikiyet (Resilience)**
H	1391,96±183,59	-12,50±1,95	0,64±0,01	0,77±0,02	1101,70±167,77	1190,05±286,81	0,24±0,03
GK	5125,99±1442,04^{a}	-0,78±0,50^{a}	0,83±0,07^{a}	0,83±0,05^{b}	5535,67±2597,66^{a}	4479,77±2101,80^{a}	0,33±0,04^{a}
P100	4823,19±2404,16^{a}	-0,78±0,5^{a}	0,82±0,09^{a}	0,84±0,09^{b}	555,37±191,71^{b}	1919,7±955,17^{b}	0,33±0,05^{a}
P80	2971,72±2259,63^{a}	-0,74±0,44^{a}	0,88±0,07^{a}	0,90±0,05^{a}	497,42±310,52^{b}	450,00±284,35^{b}	0,31±0,04^{ab}
P50	5812,34±5258,68^{a}	-1,51±0,23^{a}	0,89±0,04^{a}	0,88±0,06^{a}	1337,62±676,34^{b}	369,78±202,04^{b}	0,31±0,06^{b}

Tablo 4.14. Kurutulmuş yarım eriklerin tekstür parametre değerleri

Yarım							
Kurutma şekli	**Sertlik (Hardness) (g)**	**Yapışkanlık (Adhesiveness)**	**Esneklik (Springiness)**	**İç yapışkanlık (Cohesiveness)**	**Sakızımsılık (Gumminess)**	**Çiğnenebilirlik (Chewiness)**	**Elastikiyet (Resilience)**
H	1391,96±183,59	-12,50±1,95	0,64±0,01	0,77±0,02	1101,70±167,77	1190,05±286,81	0,24±0,03
GK	7585,22±5448,54^{b}	-2,40±1,37^{b}	0,78±0,22^{ab}	0,89±0,04^{a}	6106,85±2889,85^{a}	4988,82±2893,55^{a}	0,37±0,10^{b}
P100	2529,93±1627,56^{b}	-2,03±1,87^{b}	0,82±0,25^{b}	0.97±0,15^{a}	2251,56±1412,79^{b}	2167,17±1275,83^{b}	0,32±0,05^{b}
P80	4919,13±3297,93^{b}	-35,40±21,63^{a}	0,85±0,24^{ab}	0,72±0,12^{b}	3551,43±2267,02^{b}	4588,36±2911,81^{b}	0,47±0,04^{a}
P50	12486,47±7130,23^{a}	-63,24±48,10^{a}	1,40±0,38^{a}	0,72±0,15^{b}	7788,93±5162,24^{a}	5719,45±2186,43^{a}	0,48±0,09^{a}

Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, taze ve kurutulmuş bütün erik örneklerinin dokusal özelliklerinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin sertlik [F (1,686)=0,204, p>0,05], yapışkanlık [F (1,510)=0,241, p>0,05], esneklik [F (2,299)=0,088, p>0,05] üzerine etkisinin önemsiz olduğu (p>0,05); fakat iç yapışkanlık [F (7,528)= 0,0..01, p<0,05)], sakızımsılık [F (36,915)=0,0..01, p<0,05], çiğnenebilirlik [F (32,381)=0,0..01, p<0,05], elastikiyet [F (3,705)=0,018, p<0,05] üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05).

Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, bütün erik örneklerinin sertlik değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki sertlik değerinin taze eriğin sertlik değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin sertlik değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (1,686)=0,204, p>0,05].

Yapışkanlık (Adhesiveness) normal yeme işlemi sırasında ağza yapışan malzemeyi (genellikle damak) çıkarmak için zorlama [69]. Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, bütün erik örneklerinin yapışkanlık değerleri incelendiğinde, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin yapışkanlık değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (1,510)=0,241, p>0,05].

Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, bütün erik örneklerinin esneklik değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki esneklik değerinin taze eriğin esneklik değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin esneklik değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F (2,299)=0,088, p>0,05].

İç yapışkanlık (Cohesiveness) bir maddenin kopmadan önce dişler arasında sıkıştırıldığı derece [69]. Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, bütün erik örneklerinin iç yapışkanlık değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki iç yapışkanlık değerinin taze eriğin iç yapışkanlık değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin iç yapışkanlık değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (7,528)=0,0..01, p<0,05].

Sakızımsılık (Gumminess) çiğneme boyunca devam eden yoğunluk; yarı katı yiyecekleri yutmaya hazır bir duruma kadar parçalamak için gereken enerjidir [69]. Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, bütün erik örneklerinin sakızımsılık değerleri incelendiğinde, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin sakızımsılık değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (36,915)=0,0..01, p<0,05].

Çiğnenebilirlik (Chewiness) yutmak için uygun bir kıvamı düşürmek için numunenin çeneleşmesi için sabit bir kuvvet uygulayarak sürenin uzatılması için gereken süredir [69]. Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, bütün erik örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (32,381)=0,0..01, p<0,05)].

Elastiklik (resilience), tekstür profil analizi (TPA) esnasında ilk sıkıştırma sonrası ürünün eski halini alma oranı olarak ifade edilmektedir [53]. Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi, bütün erik örneklerinin elastikiyet değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki elastikiyet değerinin taze eriğin elastikiyet değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin elastiklik değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (3,705)=0,018, p<0,05].

Garcia-Martinez ve ark., 2013 40 ve 60°C'de sıcak hava (HAD 40 ve HAD 60), 100 W gücünde (MW) mikrodalga kurutma, 40°C 100 W'da kombine sıcak hava-mikrodalga kurutma (HAD-MW) teknikleri ile kayısı kurutmuşlardır. Sonuçlar incelendiğinde sıcak havayla kurutmaya kıyasla, mikrodalgaların kullanılması ile istenilen sakızımsı ve kırılgan dokunun daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [58].

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, taze ve kurutulmuş yarım erik örneklerinin dokusal özelliklerinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin sertlik [F(21,844)=0,0..01, p<0,05)], yapışkanlık [F(11,976)=0,0..01, p<0,05)], esneklik [F(5,578)=0,002, p<0,05)], iç yapışkanlık [F(30,375)=0,0..01, p<0,05)], sakızımsılık [F(299,982)=0,0..01, p<0,05)],

çiğnenebilirlik [F (192,825)=0,0..01, p<0,05)], elastikiyet [F(20,339)=0,0..01, p<0,05)] üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05).

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin sertlik değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki sertlik değerinin taze eriğin sertlik değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin sertlik değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (21,844)=0,0..01, p<0,05)].

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin yapışkanlık değerleri incelendiğinde, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin yapışkanlık değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (11,976)= 0,0..01, p<0,05)].

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin esneklik değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki esneklik değerinin taze eriğin esneklik değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin esneklik değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (5,578)=0,002, p<0,05)].

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin iç yapışkanlık değerleri incelendiğinde, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç yapışkanlık değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (30,375)= 0,0..01, p<0,05)].

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin sakızımsılık değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki sakızımsılık değerinin taze eriğin sakızımsılık değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin sakızımsıllık değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (299,982)=0.0..01, p<0,05)].

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki çiğnenebilirlik değerinin taze eriğin çiğnenebilirlik değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma

yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (192,825)=0,0..01, p<0,05)].

Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi, yarım erik örneklerinin elastikiyet değerleri incelendiğinde, kurutulmuş erik örneklerindeki elastikiyet değerinin taze eriğin elastikiyet değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin elastikiyet değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (20,339)=0,0..01, p<0,05)].

Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga ile P50 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma yapışkanlık açısından önemsizdir (p>0,05). P80 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma yapışkanlık açısından anlamlıdır (p<0,05).

Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için esneklik değeri açısından önemsizdir (p>0,05).

Güneşte kurutma ve P80 güç mikrodalga ile P50 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma iç yapışkanlık açısından anlamlıdır (p<0,05). P100 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma iç yapışkanlık açısından önemsizdir (p>0,05).

Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma elastikiyet açısından önemsizdir (p>0,05). P50 ve P80 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma elastikiyet açısından anlamlıdır (p<0,05).

Rodriguez ve ark. (2015) yılında D'ente (*Prunus doméstica* L.) cinsi eriği 8 parçaya bölerek kurutma yönteminin kombine yöntemlerle etkisini analiz etmişlerdir Bu amaçla eriklere öncelikle ozmotik dehidrasyon, ardından sıcak hava kurutma uygulanmıştır. Sonuçlara bakıldığında taze eriklerin sertlik değerinin, 0,858±0,282 N/mm olduğu, kuru eriklerin ise sertlik değerlerinin 1,079 - 3,829 N/mm arasında değiştiği gözlenmiştir [50].

Zielinska ve ark., 2015 yaptıkları bir çalışmada taze ve dondurulmuş olarak depolanan yabanmersini ürünlerini sıcak hava ve mikrodalga destekli vakum

kurutucuda kurutmuşlardır. Mikrodalga ile kurutulan ürünlerin sertlik, esneklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve sakızımsılık değerlerini sırasıyla 2±2, 0,54±0,11, 0,50±0,12, 0,5±0,4, 0,9±0,7 olarak bulmuşlardır. Dondurma işleminden sonra mikrodalga destekli vakumlu kurutucuda kurutulan ürünlerde ürünlerin sertlik, esneklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve sakızımsılık değerlerini sırasıyla 5±1, 0,69±0.07, 0,47±0,10, 1,8±0,5, 2,5±0,7 olarak bulmuşlardır [81].

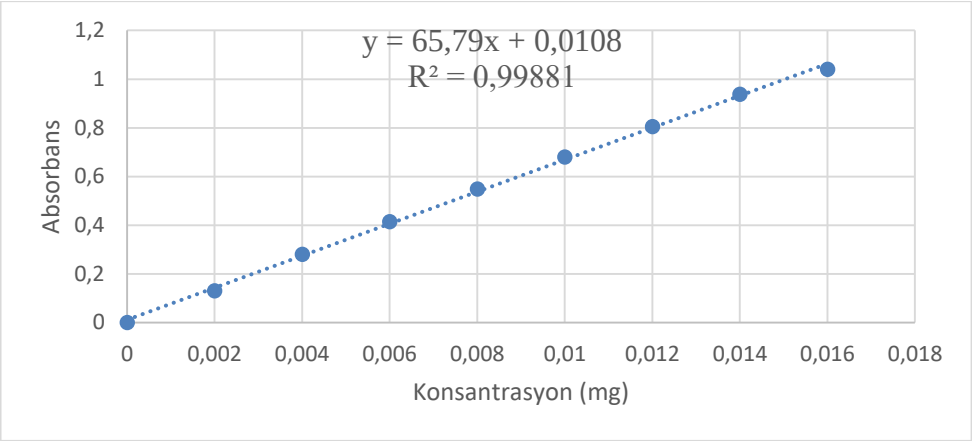
Arıkan, 2009 havuç kurutma ile ilgili mikrodalga-konvektif hava ve konvektif hava kurutma uygulaması ile çalışmıştır. Sonuçlara bakıldığında mikrodalga-konvektif hava ile kurutma uygulamalarında konvektif hava ile kurutma uygulamalarına göre daha gevrek ürünler elde edilmiştir [53].

4.3.Kimyasal Analizler

4.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin toplam fenolik madde değerleri Tablo 4.15.'de verilmiştir.

Toplam fenolik madde içeriği gallik asit (0,1 mg/mL) kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir. 0,002-0,018 mg/mL konsantrasyon aralığında gallik asit standartları kullanılarak gallik asit kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Gallik asit kalibrasyon eğrisi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları, spektrofotometrede okunan absorbans değerlerinin gallik asit kalibrasyon eğrisinde yerine konulmasıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

Tablo 4.15. Kurutulmuş eriklerin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	202,66±21,55^{d}	293,20±41,88^{d}
P100	1155,39±44,94^{a}	801,97±15,03^{b}
P80	827,26±54,00^{b}	1176,64±9,64^{a}
P50	626,37±38,66^{c}	648,27±67,44^{c}

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (305,707)=0,0..01, p<0,05)]. Toplam fenolik madde miktarı bütün erikler için kuru madde bazında 202,66-1155,39 mg/100 g GAE olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum toplam fenolik madde miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek toplam fenolik madde miktarı P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (174,723)= 0,0..01, p<0,05)]. Toplam fenolik madde miktarı yarım erikler için kuru madde bazında 293,20-1176,64 mg/100 g GAE olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum toplam fenolik madde miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek toplam fenolik madde miktarı P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Güneşte kurutma için bütün veya yarım kurutma toplam fenolik madde açısından önemsizdir ($p>0,05$). P50 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma toplam fenolik madde açısından anlamlıdır ($p<0.05$).

Mikrodalga da kurutulan bütün erikler için güç seviyesi arttıkça toplam fenolik madde miktarı da artmıştır. Bunun sebebinin yüksek güç seviyesinde kuruma süresinin kısa olması düşünülmektedir. Aynı şekilde yarım eriklerde de mikrodalga gücü arttıkça toplam fenolik madde miktarı artmaktadır. Fakat toplam fenolik madde miktarının P80 güçte kurutulan eriklerin P100 güçte kurutulan eriklerden fazla olmasının sebebi olarak kurutma sıcaklığının daha düşük olması gösterilebilir.

Rodriguez ve ark., 2015 yılında D'ente (*Prunus doméstica* L.) cinsi eriği 8 parçaya bölerek kurutma yönteminin kombine yöntemlerle etkisini analiz etmişlerdir. Bu amaçla eriklere öncelikle ozmotik dehidrasyon, ardından sıcak hava kurutma uygulanmıştır. Sonuçlara bakıldığında taze üründe 305,15±60,99 mg gallik asit 100 g/kuru madde olan fenolik madde değerlerini ozmotik dehidrasyon ve sıcak hava ile kurutma sonrası 114,93-688,54 mg gallik asit 100 g/kuru madde olarak saptamışlardır. Kurutma sıcaklığına bağlı olarak, 60°C'lik bir hava sıcaklığı kullanıldığında toplam fenol içeriğinin taze meyve için olduğundan daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Fakat erikler 70 veya 80°C'de kurutulduğunda, test edilen koşulların çoğunda toplam fenol içeriği taze eriklerde elde edilenlerden daha yüksektir. Özellikle 70°C'de kurutulan eriklerin genel olarak daha yüksek toplam fenolik madde içerdiği saptanmıştır [50]. Aynı şekilde Piga ve ark., 2003 fenolik bileşikler ve antioksidan aktivitenin kurutma parametrelerinin etkisi üzerine iki farklı erik çeşidinde çalışmışlardır. Çarpıcı sonuç olarak her iki çeşitte de 85°C'de kurutmanın antioksidan aktivitesini ikiye katladığı, buna karşın 60°C'de kurutulan eriklerin çelişkili sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir [82].

Kim ve ark., 2003 6 farklı erik çeşidinde (Beltsville Elite B70197, Cacak Best, French Damson, Long John, Stanley, Yugoslavian Elite T101) yaptıkları çalışmada, eriklerin farklı çeşitlerinin toplam fenolik madde içeriklerini, yaş temelde 174-375 mg/100 g arasında gallik asit eşdeğerleri (GAE) olarak bulmuşlardır [83].

Michalska ve ark., 2016 5 farklı yöntemle (dondurarak kurutma, vakum kurutma konvektif kurutma, mikrodalga vakum kurutma ve konveksiyon ön kurutma ve mikrodalga son kurutma) erik kurutmuşlardır. En düşük toplam fenolik madde miktarını kuru madde bazında 386,23 mg/100 g olarak mikrodalga destekli vakumlu kurutucuda bulurken, en yüksek değer 924,73 mg/100 g olarak konveksiyon ön kurutma sonrası mikrodalga kurutma yönteminde saptanmıştır. Bu sonuçlar ile bulunan toplam fenolik madde miktarı bizim sonuçlarımız benzerlik göstermektedir [4].

Donovan ve ark., 1998 toplam fenolik madde değerlerini taze erikte 461,3 mg/ 100 g olarak saptarken, kuru eriklerde kuru madde bazında 269,8-225,3 mg/ 100 g olarak tespit etmişlerdir [84].

Sağbasan, 2015 4 farklı kuru kırmızı meyvede fenolik bileşenler ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirliğini çalışmış ve analizlerini sindirim öncesi ve sindirim sonrası gerçekleştirmiştir. Çalışılan ürünler arasında mor erikte bulunmaktadır. Toplam fenolik madde için elde edilen sonuçlara bakıldığında sindirim öncesi 416±40 mg GAE/100 g örnek olan fenolik madde miktarının 653±19 mg GAE/100 g örnek değerine yükseldiğini gözlemlemiştir [51].

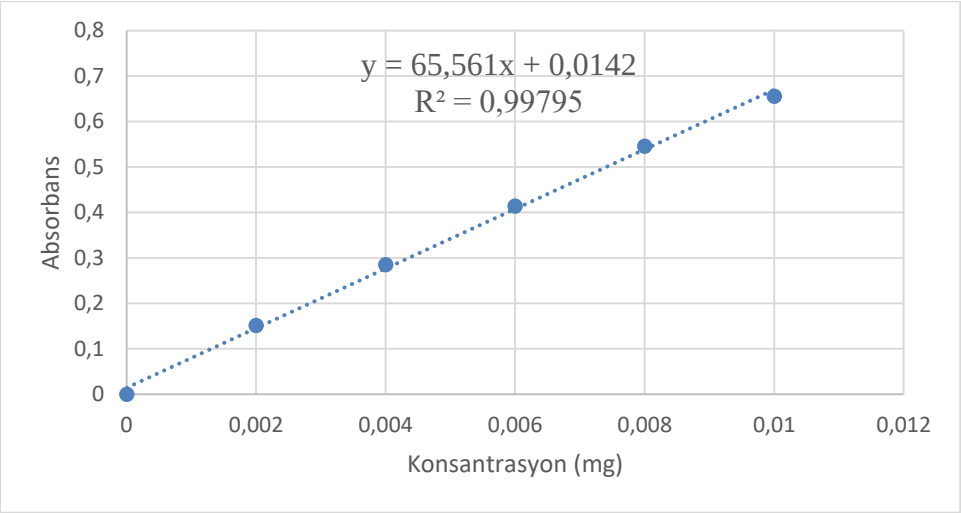
Fenolik bileşikler gıdanın işlenmesi sırasında uygulanan sıcaklık, oksijen ve ışık gibi faktörlerden etkilenmektedir [85]. Araştırmada kullanılan erik örneklerinin fenolik madde içeriklerinin birbirinden çok farklı olması bu ürünlerin üretilmesi sırasında fenolik maddelerin parçalanmasına sebep olan faktörlere farklı seviyelerde maruz kaldığını göstermektedir.

4.3.2. Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı değerleri Tablo 4.16.'da verilmiştir.

Toplam flavonod madde içeriği kateşin (0,1 mg/mL) kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak kateşin eşdeğeri (CE) olarak verilmiştir. 0,002-0,012 mg/mL konsantrasyon aralığında kateşin standartları kullanılarak kateşin kalibrasyon eğrisi

çizilmiştir. Kateşin kalibrasyon eğrisi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Örneklerin toplam flavonod madde miktarları, spektrofotometrede okunan absorbans değerlerinin kateşin kalibrasyon eğrisinde yerine konulmasıyla mg kateşin eşdeğeri (CE)/100 g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.2. Kateşin kalibrasyon eğrisi

Tablo 4.16. Kurutulmuş eriklerin toplam flavonoid madde değerleri (mg Kateşin/100 g)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	17,19±3,38^{b}	26,27±2,10^{c}
P100	73,40±8,13^{a}	73,19±2,03^{a}
P80	72,29±3,99^{a}	52,48±8,54^{b}
P50	68,82±2,25^{a}	51,24±2,61^{b}

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin toplam flavonoid madde miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (181,754)=0,0..01, p<0,05)]. Toplam flavonoid madde miktarı bütün erikler için kuru madde bazında 17,19-73,40 mg CE/100 g olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum toplam flavonoid madde miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek toplam flavonoid madde miktarı P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin toplam flavonoid madde miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (48,151)=0,0..01, p<0,05)]. Toplam flavonoid madde miktarı yarım

erikler için kuru madde bazında 26,27-73,19 mg CE/100 g olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum toplam flavonoid madde miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek toplam flavonoid madde miktarı P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Güneşte kurutma için bütün veya yarım kurutma toplam flavonoid madde açısından önemsizdir ($p>0,05$). P80 ve P50 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma toplam flavonoid açısından anlamlıdır ($p<0,05$).

Mikrodalga da kurutulan bütün ve yarım erikler için güç seviyesi arttıkça toplam flavonoid madde miktarı da artmıştır. Bunun sebebinin yüksek güç seviyesinde kuruma süresinin kısa olması düşünülmektedir.

Rodriguez ve ark., 2015 yılında D'ente (*Prunus doméstica* L.) cinsi eriği 8 parçaya bölerek kurutma yönteminin kombine yöntemlerle etkisini analiz etmişlerdir. Bu amaçla eriklere öncelikle ozmotik dehidrasyon ardından sıcak hava kurutma uygulanmıştır. Taze erikte 56,43 ± 18,40 mg kateşin 100 g/kuru madde olan flavonoid madde miktarı, ozmotik dehidrasyon ardından sıcak hava ile kurutma sonrası 22,64–192,70 mg kateşin 100 g/kuru madde olarak saptanmıştır. 60°C'lik kurutma sıcaklığında, flavonoidlerin içeriği çoğu koşul için taze eriklere göre daha düşük olduğunu gözlemişlerdir. Fakat eriklerin 70 veya 80°C'de kurutulduğunda, test edilen koşulların çoğu için flavonoidlerin içeriği taze erikten elde edilenlerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir [50]. Benzer sonuçlar Piga ve ark., 2013'nın yayınında da görülmektedir [82].

Kim ve ark., 2003 6 farklı çeşidinde (Beltsville Elite B70197, Cacak Best, French Damson, Long John, Stanley, Yugoslavian Elite T101) yaptıkları çalışmada, toplam flavonoid madde miktarlarını taze ağırlık bazında 118-237 mg kateşin eşdeğerleri (CE)/100 g taze olarak bulmuşlardır [83]. Sağbasan, 2015 4 farklı kuru kırmızı meyvede fenolik bileşenler ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirliğini çalışmıştır. Çalışılan ürünler arasında mor erikte bulunmaktadır. Mor erikte; sindirim öncesi 125±5 mg kateşin/100 g olan toplam flavonoid değerinin, sindirim sonrası 132±15 mg kateşin/100 g örnek değerine yükselmiş olduğunu saptamıştır [51].

Michalska ve ark., 2016 5 farklı yöntemle (dondurarak kurutma, vakum kurutma konvektif kurutma, mikrodalga vakum kurutma ve konveksiyon ön kurutma ve mikrodalga son kurutma) erik kurutmuşlardır. En düşük toplam flavonoid madde miktarını kuru madde bazında 206,9 mg/kg olarak mikrodalga destekli vakumlu kurutucuda bulurken, en yüksek değer 498,4 mg/kg olarak konveksiyon ön kurutma sonrası mikrodalga kurutma yönteminde saptamışlardır [4].

4.3.3. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin toplam antosiyanin değerleri Tablo 4.17.'de verilmiştir.

Tablo 4.17. Kurutulmuş eriklerin antosiyanin değerleri (mg/kg)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	$3,62\pm0,32^{b}$	$17,95\pm2,36^{b}$
P100	$34,34\pm1,62^{a}$	$24,32\pm1,03^{b}$
P80	$33,29\pm1,92^{a}$	$36,95\pm2,07^{a}$
P50	$36,42\pm1,33^{a}$	$21,92\pm2,07^{b}$

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin toplam monomerik antosiyanin değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (185,705)=0,0..01, p<0,05)]. Toplam monomerik antosiyanin miktarı bütün erikler için 3,62-36,42 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum toplam monomerik antosiyanin miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek toplam monomerik antosiyanin değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin toplam monomerik antosiyanin değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (21,732)=0,001, p<0,05)]. Toplam monomerik antosiyanin miktarı yarım erikler için 17,95-36,95 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum toplam monomerik antosiyanin miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek toplam monomerik antosiyanin değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma antosiyanin açısından anlamlıdır ($p<0,05$). P80 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma antosiyanin açısından önemsizdir ($p>0,05$).

Güneşte bütün şekilde kurutulan erik örneklerinin toplam antosiyanin değerlerinin, yarım şekilde kurutulanlara göre çok düşük olmasının sebebinin, kuruma süresinin çok uzun olmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

Sağbasan, 2015 mor erikte fenolik bileşenler ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirliğini çalışmış ve analizlerini sindirim öncesi ve sindirim sonrası gerçekleştirmiştir. Monomerik antosiyanin değerlerindeki değişmeler incelendiğinde antosiyanin miktarları sindirim sonrasında stabilitelerini koruyamadığı ve önemli ölçüde azalma meydana geldiği belirlemiştir. Mor erikte, sindirim öncesi 1,1±0,1 mg antosiyanin/100 g örnek olan değerin, sindirim sonrası 0,7±0,0 mg antosiyanin/100 g'a düştüğünü saptamıştır [51].

Michalska ve ark., 2016 5 farklı yöntemle (dondurarak kurutma, vakum kurutma konvektif kurutma, mikrodalga vakum kurutma ve konveksiyon ön kurutma ve mikrodalga son kurutma) erik kurutmuşlardır. En düşük antosiyanin madde miktarı kuru madde bazında 59,5 mg/kg olarak konvektif kurutucuda bulurken, en yüksek değer 892,27 mg/kg olarak dondurarak kurutma yönteminde olduğunu rapor etmişlerdir [4].

Piga ve ark., 2003 fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite üzerine kurutma parametrelerinin etkisini incelemişler ve kurutma işlemi sonrası antosiyaninlerin tespit edilemediğini bildirmişlerdir [82].

Donovan ve ark., 1998 kuru eriklerde yaptıkları çalışmada antosiyanin değerlerini <3 mg/kg olduğu için tespit edememişler, ayrıca taze erikte antosiyanin miktarını 76 mg/kg olarak bulmuşlardır [84].

4.3.4. Antioksidan Kapasite Değerleri

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin antioksidan kapasite değerleri Tablo 4.18.'de verilmiştir.

Tablo 4.18. Kurutulmuş eriklerin antioksidan kapasite değerleri (μM troloks/g erik)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	16,54±3,19[b]	19,36±2,60[c]
P100	42,52±8,11[a]	48,81±1,28[b]
P80	43,05±6,09[a]	60,07±6,17[a]
P50	37,07±2,89[a]	43,91±2,62[b]

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin antioksidan kapasite değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (32,256)= 0,0..01, p<0,05)]. Antioksidan kapasite değeri bütün erikler için 16,54-43,05 μM troloks/g erik olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum antioksidan kapasite değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek antioksidan kapasite değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin antioksidan kapasite değeri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (105,605)=0,0..01, p<0,05)]. Antioksidan kapasite değeri yarım erikler için 19,36-60,07 μM troloks/g erik olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum antioksidan kapasite değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek antioksidan kapasite değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için antioksidan kapasite açısından önemsizdir (p>0,05). Bütün ve yarım erikler için artan mikrodalga güç seviyesi ile antioksidan kapasite artmış; fakat P80 güç seviyesinde P100 güç seviyesine göre sıcaklık daha düşük olduğu için antioksidan kapasite P80 güçte kurutulan ürünlerde daha yüksek bulunmuştur. Her iki yöntemle kurutmada da minimum antioksidan kapasite güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde saptanmıştır.

Sağbasan, 2015 mor erikte fenolik bileşenler ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirliğini çalışmıştır. Antioksidan kapasitesi değerlerine bakıldığında 123,1±2,9 µ mol TEAC/100g-216,5±0,7 µ mol TEAC/100g olarak görülmektedir [51].

Michalska ve ark., 2016 5 farklı yöntemle (dondurarak kurutma, vakum kurutma konvektif kurutma, mikrodalga vakum kurutma ve konveksiyon ön kurutma ve mikrodalga son kurutma) erik kurutmuşlardır. ABTS yöntemiyle en düşük antioksidan kapasite değeri kuru madde bazında 7,39 mmol Trolox 100 g olarak konvektif kurutucuda bulurken, en yüksek değer 14,25 mmol Trolox 100 g mikrodalga destekli vakum kurutma yönteminde olduğunu belirtmişlerdir [4].

Piga ve ark., 2003 fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite üzerine kurutma parametrelerinin etkisi üzerine iki farklı erik çeşidinde çalışmışlardır. Çarpıcı sonuç olarak her iki çeşitte de 85°C'de kurutmanın antioksidan aktivitesini ikiye katladığı, buna karşın 60°C'de kurutulan eriklerin çelişkili sonuçları gösterdiğini bildirmişlerdir [82].

Del Caro ve ark., 2004'nın farklı sıcaklıklarda erik kuruttukları bir çalışmada antioksidan aktivitesi, depolama süresinin sonunda belirgin bir artış göstermiş ve antioksidan kapasite değeri çeşitlerden birinde yüksek sıcaklıkta kurutulan numunede daha yüksek bulunmuştur [86].

Ioannou ve ark., 2011 donmuş eriklerin sıcak havada kurutulmasının kinetiklerini incelemiş ve modellemişlerdir. Sıcaklık (50-85°C), hava hızı (0,6-1,2 m/s) ve bir ön-muamele (askorbik asit+sukroz-doymuş çözelti) etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlara bakıldığında iyi kalitede kurutulmuş ürün elde edildiğini belirtmişlerdir. Yapılan ön-işlem uygulamalarının, kurutulan eriklerin biyokimyasal özelliklerini (indirgeyici şeker içeriği, toplam fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite) koruduğunu saptamışlardır. Antioksidan aktivite değerlerinin taze erikte 0,07±0,01 50, 75 ve 85°C'de sırasıyla 0,028±0,015, 0,053±0,008, 0,060±0,008 mg Trolox/g kuru madde olduğunu belirtmişlerdir [49].

4.3.5. HMF Değerleri

Araştırmamızda güneşin ve mikrodalga güç seviyelerinin HMF oluşumu üzerine hangi düzeyde etkili olduğu saptanmıştır. Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin HMF değerleri Tablo 4.19.'da verilmiştir.

Tablo 4.19. Kurutulmuş eriklerin HMF değerleri (mg/kg)

Kurutma şekli	Bütün	Yarım
GK	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
P100	$246,65\pm29,34^{b}$	$270,85\pm29,77^{ab}$
P80	$156,85\pm25,81^{b}$	$121,15\pm68,09^{b}$
P50	$624,63\pm70,46^{a}$	$317,28\pm66,72^{a}$

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin HMF miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (59,327)=0,0..01, p<0,05)]. HMF miktarı bütün erikler için 156,85-624,63 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum HMF miktarı P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek HMF P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde değeri kaydedilmiştir. Aynı zamanda yarım şekilde kurutulmuş eriklerin HMF miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir [F (8,212)=0,026, p<0,05)]. HMF miktarı yarım erikler için 121,15-317,28 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Yarım erikler için minimum HMF miktarı P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek HMF miktarı P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde HMF değerlerinin sıcaklıkla arttığı görülmektir. Bu durumda en düşük HMF değerinin P50 güçte olması beklenirken, P50 güçteki kuruma süresinin diğer mikrodalga kurutma güçlerine göre neredeyse iki katına çıktığı için HMF değerinin arttığı düşünülmektedir.

Kuru erik, üzüm, incir ve kayısı gibi meyveler; maillard reaksiyonunun oluşumu için gerekli olan indirgen şeker ve amino asidi yüksek miktarda yapılarında bulundururlar. Maillard reaksiyonu sırasında oluşan HMF, esmerleşme reaksiyon ürünlerinin bir indikatörü olarak kullanılır [73].

Michalska ve ark., 2016 5 farklı yöntemle (dondurarak kurutma, vakum kurutma konvektif kurutma, mikrodalga vakum kurutma ve konveksiyon ön kurutma ve mikrodalga son kurutma) erik kurutmuşlardır. En düşük HMF değerini tespit edemedikleri dondurarak kurutma yönteminde bulurken, en yüksek HMF değeri kuru madde bazında 70,01 mg/kg konvektif kurutma yönteminde saptanmıştır [4].

HMF oluşumu incelendiğinde sadece işlem sıcaklığının etkisi değil aynı zamanda yöntem, parametreler (süre, oksijen/vakuma maruz kalma) ve ürün kompozisyonu da HMF oluşumunda etkilidir [87].

Murkovic ve ark., 2006 yaptıkları bir çalışmada eriklerin çok yüksek düzeyde 2200 mg/kg HMF içerdiğini raporlamışlardır [88]. Donovan ve ark. 1998 yaptıkları bir çalışmada HMF değerlerinin çekirdeksiz kuru eriklerde 220 ppm, çekirdekli kuru eriklerde 291 ppm olduğunu ve taze erikte ise HMF bulunmadığını tespit etmişlerdir [84].

Çalışmalarda, kuru eriğin HMF içeriğinin farklı bulunmasının sebepleri olarak; erik çeşitlerinin (şeker ve amino asit içeriği farklı) ve yetiştirme koşullarının farklı oluşunun yanı sıra, kurutma ve depolama sırasında uygulanan işlemlerin de etkisi bulunmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında farklı mikrodalga güçleri ve iki farklı kurutma metodu kullanılarak Mürdüm erik çeşidinin kalite özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla erik örneklerinin kaliteli bir şekilde kurutulması için ön denemeler sonucu en uygun mikrodalga güç değerleri seçilmiştir. Daha düşük güçlerde ürünün kuruması mümkün olmamakta, yüksek sürelerde ise üründe yanma gözlenmektedir. Güneşte kurutma ve üç farklı mikrodalga güçleri ile kurutma işlemi gerçekleştirerek, kurutulmuş ürünün kuruma süresi ve kalite özellikleri kıyaslanmıştır.

Kurutma işlemi öncesi erik örneklerine 55°C sıcaklıkta %1'lik NaOH bandırma çözeltisi uygulanmıştır. Örnekler iki grup halinde denemelere tabi tutulmuştur. Bunlar;

1. Çekirdekleri çıkartılmadan bütün olarak,
2. Çekirdekleri çıkartılarak yarım halde.

Hazırlığı yapılan ürün için güneşte kurutma ve mikrodalga kullanılarak kurutma işlemi yapılmıştır. Kullanılan mikrodalga güçleri 450, 720 ve 900 W olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde;

- Mikrodalga kurutmanın kuruma süresini önemli derecede azalttığı görülmüştür. Ayrıca mikrodalga güç seviyesinin artışı ile kuruma süresinin azaldığı saptanmıştır.

- Erik örneklerinin rehidrasyon oranları incelendiğinde, farklı kurutma yöntemlerinin hem bütün hem de yarım halde kurutulan eriklerin rehidrasyon oranı üzerine etkisinin önemli olduğu kaydedilmiştir ($p<0,05$). Güç seviyesi arttıkça erik örneklerin rehidrasyon oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir.

- Farklı kurutma şartlarında kurutulmuş bütün erik örneklerinde renk parametreleri incelenmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin L, a, ΔE ve H değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu kaydedilmiştir. ($p<0,05$). Bütün halde kurutulan eriklerin b değeri üzerinde kurutma yönteminin etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$).

- İstatistiksel incelemeler sonucunda, farklı yöntemlerle kurutulan yarım erik örneklerinin iç kısımlarında renk parametrelerinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda kurutma yönteminin yarım erik örneklerinin iç kısımlarının tüm renk parametrelerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir ($p<0,05$). En yüksek L, a ve b değerleri erik örneklerinin iç kısımlarına ait olan güneşte kurutulan örneklerde gözlenmiştir.

- İstatistiksel incelemeler sonucunda, farklı yöntemlerle kurutulan yarım erik örneklerinin dış kısımlarında renk parametrelerinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda kurutma yönteminin yarım erik örneklerinin dış kısımlarının tüm renk parametreleri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$).

- Farklı kurutma yöntemlerinin, hem bütün hem de yarım erikler için serbest yığın yoğunluğu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga ile P80 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma serbest yığın yoğunluğu açısından önemsizdir ($p>0,05$). P50 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma serbest yığın yoğunluğu açısından anlamlıdır ($p<0,05$).

- Farklı kurutma yöntemlerinin, hem bütün hem de yarım erikler için partikül yoğunluğu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için partikül yoğunluğu açısından önemlidir ($p<0,05$).

- Farklı kurutma yöntemlerinin büzüşme üzerine etkisinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda kurutma yönteminin hem bütün hem de yarım erikler için büzüşme üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için büzüşme değeri açısından önemsizdir ($p>0,05$).

- Kurutulmuş bütün erik örneklerinin dokusal özelliklerinin incelenmesi sonucunda, kurutma yönteminin bütün erik örneklerinin sertlik, yapışkanlık, esneklik değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığı ($p<0,05$); fakat kurutma yönteminin bütün erik örneklerinin iç yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

- Kurutulmuş yarım erik örneklerinin dokusal özelliklerinin incelenmesi sonucunda, kurutma yönteminin yarım erik örneklerinin sertlik, yapışkanlık, esneklik, iç yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

- Farklı kurutma yöntemlerinin örneklerin kimyasal özelliklerinden toplam fenolik madde üzerine etkisinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda, hem bütün hem de yarım erikler üzerinde kurutma yönteminin etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bütün erikler için kullanılan mikrodalga güç seviyesi arttıkça toplam fenolik madde miktarı artmıştır. Yarım eriklerde ise aynı şekilde artan mikrodalga güç seviyesi ile toplam fenolik madde miktarı artmış; fakat P80 güç seviyesinde P100 güç seviyesine göre sıcaklık daha düşük olduğu için toplam fenolik madde miktarı P80 güçte kurutulan ürünlerde daha yüksek bulunmuştur. Her iki yöntemle kurutmada da minimum toplam fenolik madde miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde saptanmıştır. Güneşte kurutma için bütün veya yarım kurutma toplam fenolik madde açısından önemsizdir ($p>0,05$). P50 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma toplam fenolik madde açısından anlamlıdır ($p<0,05$).

- Farklı kurutma yöntemlerinin, hem bütün hem de yarım şekilde kurutulan eriklerin toplam flavonoid madde miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bütün ve yarım şekilde kurutulan eriklerde kullanılan mikrodalga güç seviyesi arttıkça toplam flavonoid madde miktarı artmıştır. Her iki yöntemle kurutmada da minimum toplam flavonoid madde miktarı güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde saptanmıştır. Güneşte kurutma için bütün veya yarım kurutma toplam flavonoid madde açısından

önemsizdir ($p>0,05$). P80 ve P50 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma toplam flavonoid açısından anlamlıdır ($p<0,05$).

- Kurutulmuş erik örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarının incelenmesi sonucunda, farklı kurutma yöntemlerinin hem bütün hem de yarım şekilde kurutulan erik örneklerinin toplam monomerik antosiyanin değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Minimum toplam monomerik antosiyanin değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde belirlenmiştir. Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma antosiyanin açısından anlamlıdır ($p<0,05$). P80 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma antosiyanin açısından önemsizdir ($p>0,05$).

- Farklı kurutma yöntemlerinin örneklerin kimyasal özelliklerinden antioksidan kapasite üzerine etkisinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda, hem bütün hem de yarım şeklide kurutulan eriklerin antioksidan kapasite üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bütün ve yarım erikler için artan mikrodalga güç seviyesi ile antioksidan kapasite artmış; fakat P80 güç seviyesinde P100 güç seviyesine göre sıcaklık daha düşük olduğu için antioksidan kapasite P80 güçte kurutulan ürünlerde daha yüksek bulunmuştur. Her iki yöntemle kurutmada da minimum antioksidan kapasite güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde saptanmıştır. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için antioksidan kapasite değeri açısından önemsizdir ($p>0,05$).

- Farklı kurutma yöntemlerinin hem bütün hem de yarım şekilde kurutulan eriklerin HMF miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Sonuçlara bakıldığında güneşte kurutulan ürünlerde HMF değerinin tespit edilemediği, mikrodalga ile kurutulan ürünlerde HMF değerlerinin sıcaklıkla arttığı görülmektir. Bu durumda en düşük HMF değerinin P50 güçte olması beklenirken, P50 güçteki kuruma süresinin diğer mikrodalga kurutma güçlerine göre neredeyse iki katına uzadığı için HMF değerinin arttığı düşünülmektedir.

- Yüksek lisans çalışması kapsamında incelediğimiz Mürdüm eriğinin kurutma denemelerinde önerebileceğimiz kurutma koşulları, mikrodalga ile kurutma koşullarıdır. Üç farklı güç seviyesinde kurutulan erikler için kimyasal özelliklerinin daha iyi korunduğu ve aynı zamanda kuruma süresi olarak P100 güç ile arasında çok az fark olan P80 güç mikrodalga kurutma tavsiye edilebileceği düşünülmektedir. Yapılan kimyasal analizlerden toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, antosiyanin miktarı ve antioksaidan kapasite analizlerinde çoğunlukla P80 güç mikrodalga kurutma değerlerinin P100 güç mikrodalga kurutmaya kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca HMF analizlerinde P80 güç mikrodalga kurutmada sıcaklık daha az olduğu için HMF miktarı P100 güç mikrodalga kurutmaya göre daha az bulunmuştur.

- Çalışma sonucunda mikrodalgada aynı güçte kurutulan bütün ve yarım örnekleri arasındaki kuruma süresi değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Eriğin bütün ya da yarım olarak kullanılması tüketici tercidir. Sanayide, iş yükünü azaltmak için eriklerin mikrodalgada bütün şekilde kurutulması önerilmektedir.

- Yüksek lisans tez çalışması sırasında elde ettiğimiz verilere göre, kurutulmuş erik örneklerinin kalite özelliklerinin iyileştirilmesi için, örneklerin mikrodalgada homojen bir şekilde kurutulmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Tez kapsamında belirlenen kurutma güçleri dışındaki güçlerde denemeler yapılarak, bu kurutma güçlerinin erik örneklerinin kurutma kinetiği ve kalite özellikleri incelenebilir. Mikrodalga kurutma sırasında kesikli çalıştırma işleminin iş yükünün azaltılması için, cihaz içine zamanlayıcı yerleştirilebilir. Eriğin üzerindeki mumsu tabakanın giderilmesi için uygulanan bandırma işlemi farklı çözeltiler uygulanarak ya da tez çalışmasındaki gibi NaOH uygulaması ile farklı süre ve sıcaklık uygulamaları gerçekleştirilebilir. Dondurarak kurutma, ozmotik kurutma, vakum kurutma gibi çalışma kapsamımızda olmayan kurutma yöntemleri ile kurutma çalışmaları yapılarak, kuru erik örneklerinin kalitesi için alternatif kurutma yöntemleri belirlenebilir. Mikrodalga kurutma sonrası hemen gerçekleştirilen paketleme işlemi için

materyal olarak oksijen ve nem geçirgenliği daha az olan ambalaj malzemeleri kullanılarak eriğin kalite özelliklerinin korunması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. Eroğlu, E., Yıldız, H. Gıdaların Ozmotik Kurutulmasında Uygulanan Yeni Tekniklerin Enerji Verimliliği Bakımından Değerlendirilmesi. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi. 2011, 6(2), 41-48.
2. Cemeroğlu, B. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, cilt 2, Nobel Akademik, Ankara, Türkiye, 2011, 650 s.
3. Ayan, H. Güneşte ve Yapay Kurutucuda Kurutulmuş Domates (*Lycopersitcum Esculentum*) Üretimi ve Proses Sırasındaki Değişimlerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2010, 109 s. (Yüksek Lisans Tezi).
4. Michalska, A., Honke, J., Lysiak, G., Andlauer, W. Effect of Drying Parameters on The Formation of Early and Intermediate Stage Products of The Maillard Reaction in Different Plum (Prunus Domestica L.) Cultivars. Food Science and Technology. 2016, 65, 932-938.
5. Heybeli, N. Farklı Kurutma Sistemlerinin Birlikte Kullanımı ile Stanley Erik Çeşidinin Kurutulması Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, Anabilim Dalı, Antalya, 2017, 112 s. (Doktora Tezi).
6. Atıcı, G. Erik Pestilinin Kalite Parametreleri ve Kuruma Davranışı Üzerine 'Sıcak Havalı Kurutma ve Mikrodalga Kurutma' Yöntemlerinin Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2013, 95 s. (Yüksek Lisans Tezi).
7. Anonim-a, 2016. Türkiye Meyveciliğinde Üretim Hedefleri, http://www.zmo.org.tr (Erişim Tarihi: 03.08.2017).
8. Anonim-b, 2016. http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18775 (Erişim Tarihi: 03.08.2017).
9. Ertekin C., Gozlekci S., Kabas O., Sonmez S., Akinci, I. Some Physical, Pomological and Nutritional Properties of Two Plum (*Prunus Domestica L.)* Cultivars. Journal of Food Engineering. 2006, 75, 508–514.
10. Demir, H. Bazı Yabani Meyve Türlerinin Besin Değerlerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Bahçe. 2002, 31 (1-2), 33-38.
11. Bayazıt, S., Yılmaz, S. Bazı Can Erik (*Prunus Cerasifera* Ehrh.) Çeşit ve Seleksiyon Tiplerinin Mut (Mersin) Ekolojisindeki Meyve Özellikleri. MKU Ziraat Fakültesi Dergisi. 2011, 16 (1), 1-9.
12. Çalışır, S., Hacıseferoğulları, H., Özcan M., Arslan, D. Some Nutritional and Technological Properties of Wild Plum (*Prunus Spp*.) Fruits in Turkey. Journal of Food Engineering. 2005, 66, 233–237.
13. Bal, E., Çelik, S. Hasat Sonrası UV-C Uygulamalarının Giant Erik Çeşidinin Meyve Kalitesi ve Soğukta Muhafazası Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi. 2008, 14 (2), 101-107.
14. Balık, S. 2005. Kahramanmaraş 'ta Dış Satıma Yönelik Japon Grubu *(Prunus Salicina Lindl)* Sofralık Yeni Erik Çeşitlerinin Yetiştiriciliği Üzerine Araştırmalar. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş, 2005, 59 s. (Yüksek Lisans Tezi).
15. Civil, C. Eğirdir Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Erik Çeşitlerinde Mekanik Hasat Parametrelerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Konya, 2009, 70 s. (Yüksek Lisans Tezi).

16. Beyhan, Ö. Darende'de Yetiştirilen Bazı Standart ve Mahalli Erik Çeşitlerinin Pomolojik, Fenolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Bahçe. 2005, 34 (2), 47–56.
17. Fennibilek, B. Bazı Kuru ve Taze Meyvelerin Antioksidan Kapasitelerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana, 2012, 92 s. (Yüksek Lisans Tezi).
18. Yıldız, H. Ege Bölgesi' ne Adaptasyonu Sağlanan Bazı Avrupa Erik Çeşitlerinin (P. Domestica) Kimyasal Kompozisyonu ve Besin Değeri Üzerine Araştırmalar. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 1996, 71 s. (Yüksek Lisans Tezi).
19. Taşkın M. Konserveye İşlenen Erik ve Çilek Meyvelerinin Mineral (Demir, Bakır, Çinko, Mangan) İçeriklerinin Proses Aşamalarındaki Değişimlerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2006, 76 s. (Yüksek Lisans Tezi).
20. Karamürsel, D. Afyon'da Erik Üretimi Yapan İşletmelerin Yapısal Durumu ve Gelişme Olanakları. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Konya, 2010, 139 s. (Yüksek Lisans Tezi).
21. Alnıak, S. Erik Meyvesinin (Prunus Cerasifera Ehrh.) Farklı Hasat Dönemlerindeki Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Aydın, 2012, 81 s. (Yüksek Lisans Tezi).
22. Anonim-c,2016.
http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller KurutulmusMeyveCesitleriUretimi.pdf (Erişim tarihi: 03.08.2017).
23. Anonim-d, 2016. http://www.ahufrenk.com/2012/10/murdum-erigi-damson.html (Erişim tarihi: 03.08.2017).
24. Anonim-e, 2016. http://www.bilgilersitesi.com/murdum-erigi-nedir-nelere-iyi-gelir-faydalari-nelerdir-kullanim-alanlari-nerelerde-kullanilir-ne-ise-yarar.html (Erişim tarihi: 03.08.2017
25. SOKO, L., 2015. Prune and plum nutrition health benefits of plum and prunes. http://www.lose-weight-with-us.com/plum-nutrition.html.
26. Özvardar, S., Önal, K. Erik Yetiştiriciliği. Kocaoluk Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 1990, s 8.
27. Özçağıran, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M. Ilıman İklim Meyve Türleri, Sert Çekirdekli Meyveler Cilt-1. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, Türkiye, 2004, 229 s.
28. Çağındı, Ö. Ayçiçeği, Keten Tohumu, Yulaf ve Mürdüm Eriği Kurusu ile Zenginleştirilmiş Sütlü, Acı (Bitter) ve Beyaz Çikolataların Raf Ömrü Boyunca Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2009, 320 s. (Doktora Tezi).
29. Kartal, A. S. Mikrodalga ve Kuru Hava Yardımıyla Kurutma Yöntemlerinin Meyve Pestillerinin Kuruma Sürelerine Etkilerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2011, 91 s. (Yüksek Lisans Tezi).
30. Darıcı, S., Şen, S. Kivi Meyvesinin Kurutulmasında Kurutma Havası Hızının Kurumaya Etkisinin İncelenmesi. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, 2011, İzmir (Bildiri Özetleri Kitabı, 51 s.).

31. Er, T. Kırmızı Pancarın Bazı Fiziksel ve Fitokimyasal Özellikleri Üzerine Farklı Kurutma Sıcaklıklarının Etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2011, 73 s. (Yüksek Lisans Tezi).
32. Çelen, S. Mikrodalga ve Vakum Kurutucuda Bazı Gıda Ürünlerinin Kurutulması ve Modellenmesi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Edirne, 2010, 136 s. (Doktora Tezi).
33. Baysal, T., İçier, F., Baysal, A.H. Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri. Sidas Medya, İzmir, Türkiye, 2011, 348 s.
34. Erdem, T. Ozonlu Su ile Yıkanan Kırmızı Pul Biberin Mikrodalga Enerjisi ile Kurutulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana, 2007, 78 s. (Yüksek Lisans Tezi).
35. Öztürk, S. Muz ve Kivinin Dielektrik özelliklerinin Mikrodalga ve Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonu ile Kurutma Karakteristikleri Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2014, 131 s. (Yüksek Lisans Tezi).
36. Dadalı, G. Bamya ve Ispanağın Mikrodalga Tekniği Kullanılarak Kurutulması, Doku ve Renk Özelliklerinin İncelenmesi ve Modellenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2007, 195 s. (Yüksek Lisans Tezi).
37. Kermasha, S., Bisakowski, B., Ramaswamy, H., Van de Voort, F.R. Thermal and microwave inactivation of soybean lipoxygenase. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie. 1993, 26, 215-219.
38. Chang, M. C., Morris, W. C. Effect of Heat Treatments on Chemical Analysis of Dietary Fiber. Journal of Food Science. 1990, 55,6, 1647-1650, 1675.
39. Finot, P. A., Merabet, M. Nutritional and safety aspects of microwaves. History and critical evaluation of reported studies. International Journal of Food Science. 1993, 44(1), 565-575.
40. Stewart, O. J., Raghavan, G. S. V. Orsat,V., Golden, K. D. The effect of drying on unsaturated fatty acids and trypsin inhibitor activity in soybean. Process Biochemistry. 2003, 39, 483-489.
41. Tarhan, S. Selection of Chemical and Thermal Pretreatment Combination for Plum Drying at Low and Moderate Drying Air Temperatures. Journal of Food Engineering. 2007, 79, 255–260.
42. Toğrul, İ. T., Pehlivan, D. Modelling of Thin Layer Drying Kinetics of Some Fruits Under Open-Air Sun Drying Process. Journal of Food Engineering. 2004, 65, 413–425.
43. Çevik, İ., Bilişli, A. Bazı Erik Çeşitlerinin Kurutmaya Elverişliliği Üzerinde Araştırmalar. 2002, 27(4), 285-290.
44. Doymaz, İ. Effect of Dipping Treatment on Air Drying of Plums. Journal of Food Engineering. 2004, 64, 465–470.
45. Erünal, S. Eriğin (*Prunus Domestica*) Osmotik Dehidrasyon Parametrelerinin ve Kurumaya Etkisinin İncelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon, 2010, 119 s. (Yüksek Lisans Tezi).
46. Polatçı, H. Farklı Kurutma Yöntemlerinin AVG (aminoethoxyvinylglycine) Uygulaması Yapılmış Black Beauty (Prunus Salicina L.) Erik Çeşidinde Kuruma Süresi ve Kalitesine Etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2012, 8(2), 171-178.
47. Goyal, R. K., Kingsly, A.R.P., Manikantan, M.R., Ilyas, S.M. Mathematical Modelling of Thin Layer Drying Kinetics of Plum in A Tunnel Dryer, Journal of Food Engineering. 2007, 79, 176–180.

48. Cinquanta, L., Matteo, M. D., Esti, M. Physical Pre-Treatment of Plums (Prunus Domestica). Part 2. Effect on The Quality Characteristics of Different Prune Cultivars,. Food Chemistry. 2002, 79, 233–238.
49. Ioannou, I. Guiga, W., Charbonnel, C., Ghoul,M. Frozen mirabelle plum drying: Kinetics, modelling and impact on biochemical properties. Food and bioproducts processing. 2011, 89, 438–448.
50. Rodriguez, M. M., Rodrıguez, A., Mascheronı, R. H. Color, Texture, Rehydratıon Ability and Phenolic Compounds of Plums Partially Osmodehydrated and Finish-Dried by Hot Air. Journal of Food Processing and Preservation. 2015, 39, 2647–2662.
51. Sağbasan, B. Türkiye'de Yaygın Olarak Tüketilen Kuru Kırmızı Meyvelerin İçerdiği Antioksidan Maddelerin Biyoerişilebilirliğinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2015, 104 s. (Yüksek Lisans Tezi).
52. Albanese, D., Cinquanta, L., Cuccurullo, G., Matteo M. D. Effects of microwave and hot-air drying methods on colour, b-carotene and radical scavenging activity of apricots. International Journal of Food Science and Technology. 2013, 48, 1327–1333.
53. Arıkan, M.F. Mikrodalga ile Kurutulan Havuçların Kuruma Özelliklerinin ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay, 2009, 66 s. (Yüksek Lisans Tezi).
54. Barba, A. A., Damore, M., Rispoli, M., Marra, F., Lamberti, G. Microwave Assisted Drying of Banana: Effects on Reducing Sugars and Polyphenols Contents. Czech J. Food Science. 2014, 32 (4), 369–375.
55. Baysal, T., Özbalta, N., Gökbulut, S., Çapar, B., Taştan, Ö., Gürlek, G. Investigation of Effects of Various Drying Methods on The Quality Characteristics of Apple Slices and Energy Efficiency. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi. 2015, 35(1), 135-144.
56. Benlloch-Tinoco, M., Moraga, G., Camacho, M. M., Martínez-Navarrete, N. Combined Drying Technologies for High-Quality Kiwifruit Powder Production. Food Bioprocess Technol. 2013, 6, 3544–3553.
57. Borquez, R., Melo, D., Saavedra, C. Microwave–Vacuum Drying of Strawberries with Automatic Temperature Control. Food Bioprocess Technol. 2015, 8, 266–276.
58. Garcia-Martinez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M. E., Martínez-Navarrete N. Assessment of the Bioactive Compounds, Color, and Mechanical Properties of Apricots as Affected by Drying Treatment. Food Bioprocess Technol. 2013, 6, 3247–3255.
59. Sarı, M., Karaaslan, S. Ananasın Mikrodalga ile Kurutulması ve Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 2014, 9(1), 42-50.
60. Tarhan, S., Ergüneş, G., Güneş, M., Mutlu, A. Farklı Kurutma Koşullarının Amasya Elmasının Kuruma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi. 2009, 2 (2), 1-6.
61. Menges, H. O., Ertekin, C. Thin Layer Drying Model for Treated and Untreated Stanley Plums. Energy Conversion and Management. 2006, 47, 2337–2348.
62. AOAC, 2005a. Metot No:934.06 Moisture in Dried Fruits.
63. Eroğlu, E. Farklı Ozmotik Çözeltiler Kullanarak Ön Kurutması Yapılan Siyah Üzümlerin Kurutulmasında Sıcak Hava, Mikrodalga ve Mikrodalga+Kızılötesi Dalgaların Kullanılması. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda

Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2012, 177 s. (Yüksek Lisans Tezi).
64. Singh, G. D., Sharma, R., Bawa, A.S., Saxena, D.C. Drying and rehydration characteristics of water chestnut (Trapa natans) as a function of drying air temperature. Journal of Food Engineering. 2008, 87, 213–221.
65. Doymaz, İ., Demir, H., Yıldırım, A. Drying of Quince Slices: Effect of Pretreatments on Drying and Rehydration Characteristics. Chemical Engineering Communications. 2015, 202, 1271–1279.
66. Urun, G. B. Organik Patlıcan ve Kabağın Farklı Kurutma Şartlarında Kuruma Karakteristiklerinin ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2015, 210 s. (Doktora Tezi).
67. Cemeroğlu B. Gıda Analizleri. 3. Baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Ya. No:34, Ankara, Türkiye, 2013, 480 s.
68. Baysal, T., İçier, F., Ersus, S., Yıldız, H. Effects of Microwave and Infrared Drying on the Quality of Carrot and Garlic. Eur Food Res Technol. 2003, 218, 68–73.
69. Szczesniak, A. S. Texture is a sensory property. Food Quality and Preference. 2002, 13, 215–225.
70. AOAC, 2005b. Metot No: 2005.02 Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines.
71. Sanchez-Moreno, C. Review: Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems. Food Sci. Tech. Int. 2002, 8(3), 121-137.
72. Cemeroğlu B. Gıda Analizleri. 2. Baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Ya. No:34, Ankara, Türkiye, 2010, 682 s.
73. Coşkun, A. L. Farklı Kükürtleme Yöntemlerinin ve Depolama Sıcaklıklarının Kuru Kayısıların Fiziksel ve Kimyasal Niteliklerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2010, 119 s. (Doktora Tezi).
74. Mcguıre, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27, 1254–1255.
75. Özay, G., Pala, M., Saygı, B. Bazı Gıdaların Su Aktivitesi Yönünden İncelenmesi. GIDA. 1993, 18 (6), 377-383.
76. Vega-Galvez, A., Ah-Hen, K., Chacana M., Vergara, J., Martinez-Monzo, J., Garcia-Segovia, P., Lemus-Mondaca, R., Di Scala, K. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. Food Chemistry. 2012, 132, 51–59.
77. Arısoy, İ. Vişne ve Kirazın Kuruması Sırasında Büzülmenin İncelenmesi. Koca Tepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon, 2010, 89 s. (Yüksek Lisans Tezi).
78. Singh, S., Raina, C. S., Bawa, A. S., Saxena, D. C. Effect of pretreatments on drying and rehydration kinetics and solar of sweet potato slices. Drying Technol. 2006, 24, 1487–1494.
79. Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S., Yong, M.Y. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. Food Chemistry. 2009, 113, 166–172.
80. Krokida, M.K., Marinos-Kouris, D. Rehydration kinetics of dehydrated products. Journal of Food Engineering. 2003, 57, 1-7.
81. Zielinska, M., Sadowski P., Błaszczak, W. Freezing/thawing and microwave-assisted drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*). LWT - Food Science and

Technology. 2015, 62, 555-563.
82. Piga, A., Del Caro, A., Corda, G. From plums to prunes: Influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 2003, 51, 3675–3681.
83. Kim, D. O., Jeong, S. W., Lee, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. Food Chemistry. 2003, 81, 321–326
84. Donovan, J. L., Meyer, A. S., Waterhouse, A. L. Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Prunes and Prune Juice (Prunus domestica). J. Agric. Food Chem. 1998, 46, 1247−1252.
85. Şener, D. Isparta Gülü (*Rosa Damascena* Miller) ve Bazı Ürünlerinin Antioksidan Kapasiteleri ve Fizikokimyasal Özelliklerinim Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 2012, 98 s. (Yüksek Lisans Tezi).
86. Del Caro, A., Piga, A., Pinna, I., Fenu, P.M., Agabbio, M. Effect of Drying Conditions and Storage Period on Polyphenolic Content, Antioxidant Capacity, and Ascorbic Acid of Prunes. J. Agric. Food Chem. 2004, 52 (15), 4780–4784.
87. Kroh, L. W. Caramelisation in food and beverages. Food Chemistry. 1994, 51, 373-379.
88. Murkovic, M. Pichler, N. Analysis of 5-hydroxymethylfurfual in coffee, dried fruits and urine. Mol. Nutr. Food Res. 2006, 50, 842 – 846.



Şekil EK A.1 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan bütün erik örneklerinin ayrı ayrı gösterimi



Şekil EK A.2 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan bütün erik örneklerinin bir arada gösterimi



Şekil EK A.3 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan yarım erik örneklerinin ayrı ayrı gösterimi



Şekil EK A.4 P50, P80 ve P100 mikrodalga gücünde kurutulan yarım erik örneklerinin bir arada gösterimi



Şekil EK A.5 Güneşte kurutulan bütün ve yarım erik örneklerinin ayrı ayrı gösterimi



Şekil EK A.6 Güneşte kurutulan bütün ve yarım erik örneklerinin bir arada gösterimi

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı **:**Dilay KART

Doğum Yeri ve Yılı **:**Manisa, 1992

Medeni Hali **:**Bekar

Yabancı Dili **:**İngilizce

E-posta **:**dilay_kart@yahoo.com

Eğitim Durumu

Lise **:**Gördes Anadolu Lisesi, 2009

Lisans **:**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2013

:Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi İşletme Bölümü (Yandal), 2013

Yüksek Lisans **:**Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2017

Mesleki Deneyim

Voden Danışmanlık Mühendislik Eğitim	Gıda Mühendisi 2017-
Toyam Gıda San. ve Tic. Ltd. A.Ş.	Gıda Mühendisi 2017-
PAGYSA Tic. ve San. A.Ş.	Kalite Güvence Mühendisi ve Laboratuvar Sorumlusu 2014-2015
Milli Eğitim Bakanlığı	Matematik Öğretmeni 2013-2014

Yayınları

Kart, D., Çağındı, Ö. Determınatıon of Antıoxıdant Propertıes of Dry Rose Tea. Uluslararası Tıbbı ve Aromatik Bitkiler Kongresi, 09-12 Mayıs, 2017, Konya (Bildiri Özetleri Kitabı)

Kart, D., Yıldız, H. Eriğin Yapay Kurutucular ile Kurutulması. 12. Gıda Kongresi, 05-07 Ekim, 2016, Edirne (Bildiri Özetleri Kitabı)

Kart, D., Yıldız, H. Meyve ve Sebze İşlemede Vurgulu Elektrik Alan Uygulamaları. 9. Gıda Mühendisliği Kongresi, 12-14 Kasım, 2015, Selçuk/İzmir (Bildiri Özetleri Kitabı).

Kart, D., Kaya, Ö., Yıldız, H., Yıldırım, H.. Effects of changing operation sequence of osmotic and hot air drying on drying time and the final product quality of pear slices - The Food Factor I Barcelona Conference, 2-4 Kasım, 2016, Barselona/İspanya.

Kart, D., Yıldız, H., Kaya, Ö. Comparison of Pekmez Produced by Traditional and Modern Methods. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 1-4 Ekim, 2015, Saraybosna/ Bosna-Hersek (Bildiri Özetleri Kitabı).

Kart, D., Kaya, Ö., Yıldırım, H., Yıldız, H. Doğal Atıştırmalık: Kombine Kurutma Teknikleriyle Üretilmiş Meyve/Sebze Cipsleri. IV. Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, Gıda İşleme Teknolojileri Örnek Proje, 2016, İzmir.