T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKRODALGA ve ULTRASES ÖN İŞLEMLİ KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ANTOSİYANİNCE ZENGİN BAZI MEYVELERİN KURUTMA KİNETİĞİ ve KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

İrem AKYÜZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Salih KARASU

Eylül, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKRODALGA ve ULTRASES ÖN İŞLEMLİ KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ANTOSİYANİNCE ZENGİN BAZI MEYVELERİN KURUTMA KİNETİĞİ ve KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

İrem AKYÜZ tarafından hazırlanan tez çalışması 15.09.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Salih KARASU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Salih KARASU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üye. Fatih BOZKURT, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üye. İlker ATİK, Üye
Afyon Kocatepe Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Salih KARASU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Mikrodalgave Ultrases Ön İşlemli Kurutma Yöntemlerinin Antosiyanince Zengin Bazı Meyvelerin Kurutma Kinetiği ve Kalite Özelliklerine Etkisi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

İrem Akyüz

İmza

Her koşulda yanımda olan aileme

ve tüm sevdikleri

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan kıymetli danışman hocam sayın Doç. Dr. Salih KARASU'ya ve bana yol gösterip destekleyen hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması yaparken benimle birlikte uyuyup benimle birlikte uyanan eşim Cemil AKYÜZ'e teşekkür ederim. Tüm bu koşuşturmaca içerisinde bana gösterdiği sevgi, ilgi ve güven için kendimi her zaman çok şanslı hissettim.

Bu yola beni sokup başarılı olacağıma inancını en kötü zamanımda bile kaybetmeyen annem Döndü ŞAHİN'e, yeri gelince en yakın dostum olan ve sakatlandığım zaman boyunca elim kolum olan canım ablam İmren TOPAL ÖZ'e teşekkür ederim.

Akademik alanda beni geliştirmeye iten, en zor zamanlarımda gözyaşlarımı kahkahaya çeviren ve pes etmeye yaklaştıkça beni tekrar yola sokan arkadaşım Hatice Şeyma ALTINKAYNAK'a, ne zaman ihtiyacım olsa bir telefon uzağımda olan ve her zaman desteğini gösteren arkadaşım Esranur Nazlı ŞİMŞEK'e teşekkür ederim.

İrem AKYÜZ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ.....ix
TABLO LİSTESİ.....x
ÖZET xi
ABSTRACT.....x
1 GİRİŞ 1
1.1 Biyoaktif Bileşenler 1
1.2 Antosiyanin.....4
1.2.1 Antosiyanince Zengin Meyveler 5
1.3 Kurutma 9
1.3.1 Sıcak Havayla Kurutma 11
1.3.2 Dondurarak Kurutma 12
1.3.3 Vakum Kurutma 13
1.4 Ön İşleme Teknikleri 14
1.4.1 Mikrodalga Ön İşlemi.....15
1.4.2 Ultrases Ön İşlemi 18
1.5 Tezin Amacı.....22
1.6 Hipotez.....22
2 MATERYAL ve YÖNTEMLER.....24
2.1 Materyal.....24
2.2 Yöntemler 24
2.2.1 Kurutma Koşulları 24
2.2.2 Kurutma Eğrisinin ve Etkin Nem Yayılımının (Deff) Matematiksel Modellemesi 24
2.2.3 Ekstraksiyon 26
2.2.4 Toplam Fenolik Madde Tayini 26
2.2.5 Antioksidan Kapasite Tayini 26
2.2.6 Renk Değerlerinin Belirlenmesi 27
2.2.7 İstatistiksel Analiz 27
3 ARAŞTIRMA BULGULARI.....28
3.1 Kurutma Kinetiği 28

3.1.1 Karadut 29
3.1.2 Yaban Mersini 31
3.1.3 Çilek.....32
3.2 Biyoaktif Özellikler 40
3.2.1 Karadut 40
3.2.2 Yaban Mersini 43
3.2.3 Çilek.....45
3.3 Renk Özellikleri.....47
3.3.1 Karadut 47
3.3.2 Yaban Mersini 49
3.3.3 Çilek.....50
4 SONUÇ.....51
KAYNAKÇA.....53

SİMGE LİSTESİ

°C	Santigrat Derece
Hz	Hertz
μm	Mikrometre
R^2	Regresyon Katsayısı
W	Watt
s	Saniye
Δ	Delta

KISALTMA LİSTESİ

DK	Dondurarak Kurutma
GAE	Gallik Asit Eş Değeri
MD	Mikrodalga Önişlem
K	Kontrol
SHK	Sıcak Hava Kurutma
TFM	Toplam Fenolik İçeriği
US	Ultrases Önişlem
UV	Ultraviyole
VK	Vakum Kurutma

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Flavonoidlerin alt grupları 4
Şekil 1.2 Antosiyanin modellemesi 5
Şekil 1.3 Dondurarak Kurutma 13
Şekil 1.4 Dalga boyları 15
Şekil 1.5 Mikrodalganın gıdaya uygulanma prosesi 16
Şekil 1.6 Mikrodalga ile gıda kurutmanın verimliliğini etkileyen temel faktörler 18
Şekil 1.7 Ses dalgası 19
Şekil 1.8 Ultrasonik banyo 20
Şekil 1.9 Ultasonik prob 21
Şekil 3.1 Farklı yöntemlerle kurutulan karadut meyvelerinin kuruma eğrileri 30
Şekil 3.2 Farklı yöntemlerle kurutulan yaban mersini meyvelerinin kuruma eğrileri 31
Şekil 3.3 Farklı yöntemlerle kurutulan çilek meyvelerinin kuruma eğrileri 32

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Bitkilerde bulunan polifenollerin sağlık üzerine etkileri 2
Tablo 1.2 Fenolik bileşiklerin gruplandırılması, alt grupları, örnekleri ve etkileri. 3
Tablo 1.3 Üzümsü meyvelerin antosiyanin içerikleri 6
Tablo 1.4 Karadut meyvesinin antosiyaninler dışında içerdiği fenolik bileşenler .. 9
Tablo 1.5 Günümüzde kullanılan belli başlı kurutma yöntemleri 10
Tablo 1.6 Kurutma öncesi uygulanan belli başlı kurutma yöntemleri 14
Tablo 1.7 Mikrodalganın avantaj ve dezavantajları 17
Tablo 3.1 Meyvelerin kurutma süreleri 28
Tablo 3.2 Karadut 34
Tablo 3.3 Yaban mersini 36
Tablo 3.4 Çilek 38
Tablo 3.5 Karadut meyvesi biyoaktif bileşikler 40
Tablo 3.6 Yaban mersini meyvesi biyoaktif bileşikler 43
Tablo 3.7 Çilek meyvesi biyoaktif bileşikler 45
Tablo 3.8 Karadut meyvesinin renk parametreleri 47
Tablo 3.9 Yaban mersini meyvesinin renk parametreleri 49
Tablo 3.10 Çilek meyvesinin renk parametreleri 50

ÖZET

Mikrodalga ve Ultrases Ön İşlemli Kurutma Yöntemlerinin Antosiyanince Zengin Bazı Meyvelerin Kurutma Kinetiği ve Özelliklerine Etkisi

İrem AKYÜZ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Bu çalışmada, sıcak hava kurutma (SHK), vakum kurutma (VK), mikrodalga ön işlemli sıcak hava kurutma (SHK-MD), ultrason ön işlem sıcak hava kurutma (SHK-US), mikrodalga ön işlemli vakum kurutma (VK-MD), ultrason ön işlem vakum kurutma (VK-US) ve dondurarak kurutma (DK) tekniklerinin karadut, yaban mersini ve çilek meyvelerinin kuruma süresi, kurutma kinetiği, toplam fenolik bileşen değeri, antioksidan kapasitesi ve renk değişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. SHK, SHK-MD, VK ve VK-MD teknikleri için kurutma işlemi 50°C de gerçekleştirilmiştir. Karadut meyvesinin, yaban mersininin ve çileğin dondurularak kurutma hariç kurutma süreleri sırasıyla 600-1530 dakika, 420-4380 dakika ve 210-525 dk arasında değişmiştir. VK kurutma yöntemi SHK yöntemine göre daha hızlı kuruma davranışı sergilemiştir. Karadutun, yaban mersininin ve çileğin dehidrasyon kinetiği, tüm dehidrasyon yöntemleri için sekiz ince tabakalı kurutma modeli kullanılarak başarılı bir şekilde tanımlanmıştır. Yaban mersini meyvesinin kurutma süresi 420- 4380 dakika arasında değişmiştir.

Toplam fenolik madde değerleri (TFM) taze örnekler için 722,38 ile 1871,14 mg GAE/100g arasında tespit edilmiştir. Kuru örneklerin toplam fenolik değerleri 250,01-2671,35 mg GAE/100g arasında değişmiştir. Karadut meyvesi için DK işlemi diğer tüm kurutma yöntemlerine göre daha yüksek oranda TFM değeri (2671,35 mg GAE/100g) sergilemiştir. Taze ve kurutulmuş örneklerin antioksidan kapasite değerleri DPPH ve ABTS yöntemleri ile belirlenmiştir. Kurutulmuş karadut meyvesinin DPPH ve ABTS değerleri sırasıyla 453,92-1455,42 mg TE/100g ve 473,26-1324,79 mg TE/100g arasında değişmiştir. SHK ile kurutulan örneklerin fenolik bileşiklerinin degradasyonu diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları farklı kurutma yöntemlerinin karadut, yaban mersini ve çilek meyvelerinin kurutma hızı ve biyoaktif bileşen miktarını önemli derecede etkilediği ve daha biyoaktif madde degradasyonu için SHK yöntemine alternatif olarak VK-US yönteminin kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Karadut, yaban mersini, çilek, kurutma kinetiği, toplam fenolik madde.

ABSTRACT

The Effect of Microwave and Ultrasound Pretreatment Drying Methods on Drying Kinetics and Quality Characteristics of Some Anthocyanin-Rich Fruits

İrem AKYÜZ

Department Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Salih KARASU

In this study, the drying time of blueberry fruit of hot air drying (HAD), vacuum drying (VD), microwave pre-treatment hot air drying (HAD-MW), ultrasound pre-treatment hot air drying (HAD-US) microwave pre-treatment vacuum drying (VD-MW), ultrasound pre-treatment vacuum drying (VD-US) and freeze-drying (FD) techniques were determined. The effects on drying kinetics, total phenolic component value, antioxidant capacity, and color change were investigated. For the SHK, HAD-MW, VD, and VD-MW techniques, drying was carried out at 50°C. Drying times of black mulberry, blueberry and strawberry, excluding freeze drying, varied between 600-1530 minutes, 420-4380 minutes and 210-525 minutes, respectively. VD drying method exhibited faster drying behavior than SHK method. The dehydration kinetics of the black mulberry were successfully described using eight thin-layer drying models for all of the dehydration methods.

The total phenolic content (TPC) values were determined between 722.38 and 1871.14 mg GAE/100g for the fresh samples. The total phenolic value of the dry samples varied between 250.01-2671.35 mg GAE/100g. For mulberry samples, FD

process exhibited a higher TPC value (2671.35 mg GAE/100g) than all other drying methods. Antioxidant capacity values of fresh and dried samples were determined by DPPH and ABTS methods. DPPH and ABTS values of dried mulberry varied between 453.92-1455.42 mg TE/100g and 473.26-1324.79 mg TE/100g, respectively. The total colour change index value (ΔE) was calculated to examine the effect of drying techniques on the colour change of the fruit. The degradation of phenolic compounds of the samples dried with HAD was higher than the other drying methods. The results of this study showed that different drying methods significantly affect the drying rate and the amount of bioactive components of the mulberry, blueberry and strawberry, and the VD-US method can be used as an alternative to the HAD method for more bioactive substance degradation.

Keywords: Mulberry, Blueberry, Strawberry, drying kinetics, total phenolic compounds.

1

GİRİŞ

1.1 Biyoaktif Bileşenler

Biyoaktif bileşikler tüketildiğinde insan sağlığı üzerinde iyileştirici ve geliştirici özelliğe sahip olan ama tüketilmesi elzem olmayan ikincil metabolitlerdir. Biyoaktif bileşiklerin antioksidan, antialerjen, antimutajenik, antikanser, antikolesterol, antidiyabetik, antienflamatuar etkilere sahip oldukları belirlenmiştir. Biyoaktif bileşiklerin düzenli tüketilmesinin kanser, hipertansiyeon, kardiyovasküler, gastrointestinal ve kronik rahatsızlıkların azalmasında oldukça etkili olduğu yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Karadağ, Karaman, & Öğüt, 2022).

Bitkilerde bulunan biyoaktif bileşikler fitokimyasal olarak adlandırılır. Fitokimyasalların içinde en bilinenleri polifenoller olarak da bilinen fenolik bileşiklerdir. Polifenoller bitkilerin bütün kısımlarında bulunur ama bulunma oranlarında bölgesel farklılıklar vardır. Bitkide tat, koku ve renk gibi özelliklerinin oluşmasında etkili olduğu gibi sahip oldukları antimikrobiyal ve antioksidan etki ile tüketilmesi sağlık açısından önemlidir. Çok az miktarlarda bulunsalar bile insan sağlığı üzerine ciddi etki yarattığı yapılan çalışmalarla da kanıtlanmıştır. Bu alanda yapılan bazı çalışmalar ve sonucunda elde edilen etkilere Tablo 1.1'de yer verilmiştir.

Tablo 1.1 Bitkilerde bulunan polifenollerin sağlık üzerine etkileri

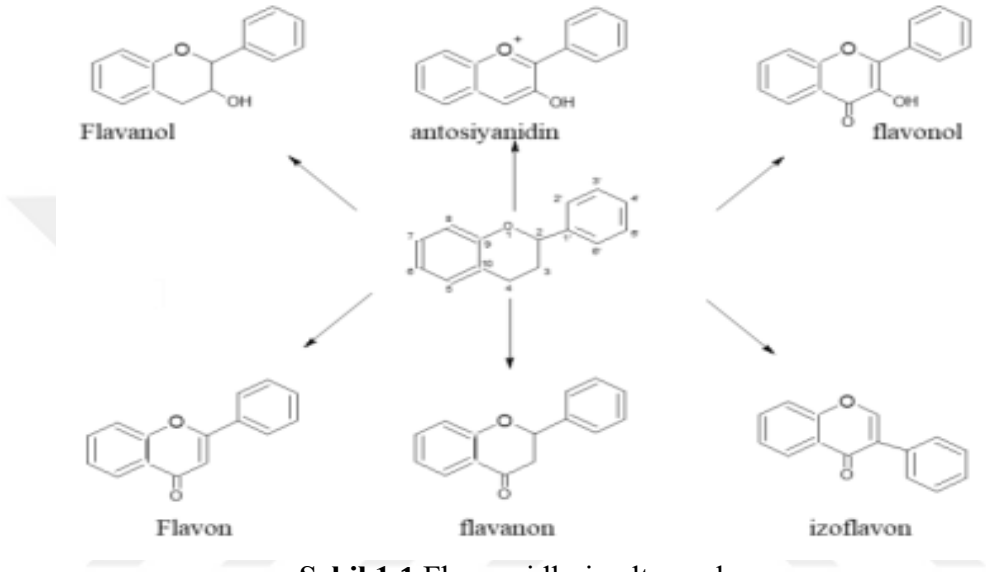
ÖRNEKLEM	SÜRE	MİKTAR	MEYVE	SONUÇ	KAYNAK
Sağlıklı yetişkinlerde	16 gün	500 g	taze çilek	Serum toplam antioksidan seviyesinde artış	(Tulipani, Alvarez-Suarez, Buscob, & Bompadrec, 2011)
Sağlıklı yetişkinlerde	2 hafta	500 g	taze çilek	açlık plazma antioksidan kapasitesinde ve C vitamininde artış	(Tulipani, Armeni, Giampieri, & Alvarez-Suarez, 2014)
sağlıklı kadınlarda	2 hafta	220 ml	yaban mersini	antioksidan kapasitesşnde artış, idrar ve serum MDA seviyelerinde azalma	(Kuntz, ve diğerleri, 2014)
hafif şişman yetişkinlerde		10 g	liyofilize çilek	yüksek karbonhidrat ve yağlı öğün tüketimi sonrası IL-6 ve CRP seviyelerinde azalma	(Edirisinghe, ve diğerleri, 2011)
tip - 2 diyabet hastalarında	24 hafta günde 2 kere	160 mg (antosiyanin miktarı)	yaban mersini	antioksidan kapasitesinde artış, açlık kan glukozunda azalma, insülin duyarlılığında artış	(Li, Zhang, Liu, Sun, & Xia, 2015)
Sağlıklı erkeklerde	tek doz	300 g	yaban mersini	1 saatlik kontrolde hidrojen peroksit kaynaklı DNA hasarında %18 lik azalma	(Del Bo, ve diğerleri, 2013)
Sağlıklı yetişkinlerde	4 hafta	150 g	yaban mersini	trigliserit seviyesinde azalma, HDL de artış	(Nyberg, ve diğerleri, 2013)
hafif şişman veya obez yetişkinlerde	12 hafta	25 ya da 50 g	liyofilize çilek	tüketim dozajına bağlı olarak LDL seviyelerinde önemli azalma	(Basu, ve diğerleri, 2014)
metobolik sendromlu hastalarda	6 hafta	680 ml	yaban mersini	reaktifhiperami indeksinde değişiklik	(Stull, ve diğerleri, 2015)

Polifenoller toplamda beş ana gruba ayrılır: fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler, lignanlar ve tannenler. Bu beş ana grup da kendi arasında alt gruplara ayrılmaktadır. Fenolik bileşiklerin gruplandırılması, alt grupları, örnekleri ve etkilerine Tablo 1.2'de yer verilmiştir.

Tablo 1.2 Fenolik bileşiklerin gruplandırılması, alt grupları, örnekleri ve etkileri

SINIF	ALT GRUP	ÖRNEK	ETKİ	KAYNAK
FENOLİK ASİT	benzoik asit	Vanilik asit	Antioksidan, Antimutajenik, Antikanser, Antidiyabetik, Antienflamatuar	(Shashirekha, Se, & Rajarathnam, 2013)
		Gallik asit		
	sinnamik asit	p-Kumarik asit		
		Kafeik asit		
		Klorojenik asit		
STİLBEN		Resveratrol		(Shahidi, Ramakrishnan, & Oh, 2019)
		Pterostilben		
FLAVANOID	Flavonol	Kuersetin	Anti-enflamatuar, Anti-oksidatif etkiler, Antikanser, Antidiyabetik	(Guasch-Ferré, Merino, Sun, Fitó, & Salas-Salvadó, 2017)
		Kaempferol		
		Mirisetin		
	Flavonlar	Apigenin		
		Asetat		
		Luteolin		
	Flavanon	Naringenin		
		Hesperetin		
	Flavanol	Kateşin		
		Epikateşin		
		Epigallokateşin		
		Epigallokatekin galat		
	Antosiyanidin	Siyanidin		
		Malvidin		
		Petunidin		
	İzoflavonlar	Genistein		
		Daidzin		
LİGNAN		Sekoisolarisiresinol	Antidiyabetik, Kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu	(Meagher & Beecher, 2000)
		Matairesinol		
TANEN	Hidrolize edilebilir	Gallotannin		(Shahidi, Ramakrishnan, & Oh, 2019)
		Ellagitannin		
		Tannik asit		
	Yoğunlaştırılmış	Proantosiyanidin		

Fenolik bileşikler içerisinde en geniş alt gruba sahip olan flavonoidlerdir. Kendi içinde Flavanol, Antosiyanidin, Flavonol, Flavon, Flavanon, İzoflavon olmak üzere gruplara ayrılır. Tüm bu gruplar temelinde 15 karbon atomunun C_6-C_3-C_6 konfigürasyonunda düzenlenmiş hali olsa da aralarında hidroksil gruplarının sayısı, doymamışlık derecesi ve üçlü karbon segmentinin oksidasyon düzeyinde farklılık bulunmaktadır.



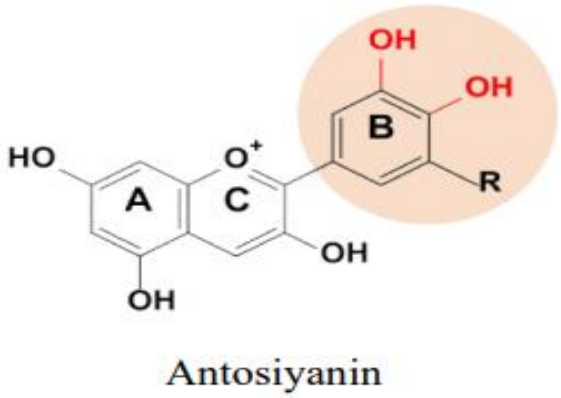
Şekil 1.1 Flavanoidlerin alt grupları

Fenolik bileşiklerin en büyük kaynaklarından biri meyvelerdir. Dünya Sağlık Örgütü meyve tüketimini en a az 400-500 g/gün olacak şekilde önermektedir. Meyveler içerdikleri fenolik bileşikler sayesinde fonksiyonel gıda olarak da tanımlanabilir. Her meyve grubunun içerdiği biyoaktif bileşenler oransal olarak değişmektedir. Örneğin; üzümsü meyvelerde flavonoidlerin alt grubu olan antosiyaninler yüksek oranda bulunmaktadır (Demir & Akpınar, 2020).

1.2 Antosiyanin

Antosiyanin deyimi ilk kez 1835'te kullanılmıştır. Şu an tanımlanmış 600'den fazla çeşit antosiyanin vardır. Bitkiler hücre bazlı antosiyanin üretme yeteneğine sahiptir ve ürettiklerini vakuollerde depolar (Keleş, 2015). Çiçek ve meyve kısımlarında bulunur ve suda çözünür pigmetlerden oluşur. Kırmızı, mor ve mavi renkli

çiçeklerin ve meyvelerin neredeyse hepsi antosiyanin içerir (Shahidi, Ramakrishnan, & Oh, 2019). Çoğunluk olarak bu bileşikler meyvelerin perikarp dış tabakasında yer alır ve mono-, di- veya triglikozitler formunda bulunurlar (Çağlar & Demirci, 2018). En basit haliyle antosiyanin modellemesi Şekil 1. 2'de gösterilmektedir.



Şekil 1.2 Antosiyanin modellemesi

1.2.1 Antosiyanince Zengin Meyveler

Antosiyaninlerin en temel kaynağı üzümsü meyvelerdir. Bu meyveler yarı çalı – çalımsı bitkilerde oluşur. Yumuşak etli, su oranı yüksek ve küçük yapılıdırlar. Yetişme şekilleri genel olarak salkım şeklindedir. Yoğun antosiyanin içerikleri sebebiyle renkleri kırmızı – mor renk aralığındadır. Bu meyvelerde renk olgunluk belirtisidir. Bu sebeple olgunluk arttıkça antosiyanin miktarlarında da artış gözlemlenir. Üzümsü meyveler grubunda üzüm, çilek, ahududu, böğürtlen, frenküzümü, yaban mersini, dut, kivi, kuşburnu bulunur. Mor üzümsü meyvelerde antosiyanin miktarı daha yüksektir, kırmızı frenk üzümü bu grubun en az antosiyanin içeren meyvesidir. Üzümsü meyvelerin antosiyanin içeriklerinin ölçüldüğü çalışmaların sonucunda elde edilen miktarlara Tablo 1.3'de yer verilmiştir.

Tablo 1.3 Üzümsü meyvelerin antosiyanin içerikleri

Tür	Antosiyanin içeriği (mg/100 g taze meyvede)	Kaynaklar
Yaban mersini	299,6	(Prior, ve diğerleri, 1998)
	214,7	(Borowska & Szajdek, 2003)
Böğürtlen	134,6 - 152,2	(Pantelidis, Vasilakakis, Manganaris, & Diamantidis, 2013)
Siyah frenk üzümü	128 - 411	(Moyer, Hummer, Finn, Frei, & Wrolstad, 2002)
Mavi yemiş	62,6 - 235,4	(Prior, ve diğerleri, 1998)
	89 - 331	(Ehlenfeldt & Prior, 2001)
	93 - 280	(Connor, Luby, Hancock, Berkheimer, & Hanson, 2002)
Aronya	311,02	(Borowska & Szajdek, 2003)
	428	(Zheng & Wang, 2003)
	460,5	(Benvenuti, Pellati, Melegari, & Bertelli, 2006)
Ahududu	65	(Wada & Ou, 2002)
	19 - 51	(Anttonen & Karjalainen, 2005)
	35,1 - 49,1	(Pantelidis, Vasilakakis, Manganaris, & Diamantidis, 2013)
Kırmızı frenk üzümü	7,5 - 7,8	(Pantelidis, Vasilakakis, Manganaris, & Diamantidis, 2013)
Çilek	20,07	(Zheng Y. , Wang, Wang, & Zheng, 2007)

1.2.1.1 Çilek

Çilek (bilimsel ismiyle Fragaria) Rosaceae (Gülgiller) familyasına ait bir üzümsü meyvedir. Üzerinde sarı noktacıkları bulunan kırmızı bir meyvedir. Dünyanın hemen hemen her bölgesinde yetiştirilebilen bir meyve olup anavatanı Akdeniz ülkeleridir. İçeriğinde bulunan A, B, C (58,8 mg/100 g) vitaminleri ve demir (0,41 mg/100 g), fosfor (24 mg/100g), potasyum (153 mg/100 g) gibi mineraller

sebebiyle insan sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yaklaşık olarak %72 doymamış yağ asidi içerdiği için sağlıklı besinler listesinde yer almaktadır (Çağlar & Demirci, 2018; Çakmak, 2019; Giampieri, ve diğerleri, 2012). Çileğin antioksidan, antienflamatuvar, antihiperlipidemik ve kan basıncını düşürücü etkileri yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Yapısında bulunan kuersetin, kaempferol, siyanidin, elajik asit, ve pelargonidin glikozitleri gibi yaklaşık olarak 40 adet farklı fenolik bileşiklerin varlığı literatürde yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda antioksidan kapasitesinde en etkili olan bileşenlerin askorbik asit, antosiyaninler ve ellagitanninler olduğu gözlemlenmiştir (Görgüç, Yıldırım Vardin, Konuk Takma, Erten, & Yılmaz, 2019). Çileğin toplam antosiyanin içeriği 150 - 600 mg/kg taze ağırlık olarak belirtilmiş ve yapılan çalışmalarda 800 mg/ kg taze ağırlığa kadar bulunabildiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmalarda kullanılan farklı çeşit çileklerde 25'ten fazla çeşit antosiyanin tanımlanmıştır. Ana antosiyanin, pelargonidin -3- glukozittir (Giampieri, ve diğerleri, 2012).

1.2.1.2 Yaban Mersini

Yaban mersini (Vaccinium spp.) Kuzey Amerika bölgesine özgü olan ve Avrupa'da da yetiştirilebilen üzümsü meyve türüdür. Ülkemizde ise öncelikli olarak Karadeniz, Doğu Anadolu ve Marmara Bölgesi'nde yetiştirilmektedir (Şemşimoğlu, 2019; Yıldız, Yavaş, Gürbüz, & Değirmencioğlu, 2015). Türkiye'de yetiştirildiği bölgeye göre farklı isimler verilmiştir. Fundagiller olarak da bilinen Ericaceae familyasının bir üyesidir (Michalska-Ciechanowska & Łysiak, 2015; Zhang, Yue, Jiang, Fan, & Gao, 2016). Çalı formundaki bitkilerde yetişmektedir, çiçek açtıktan sonra iki ayda olgunlaşarak meyve vermektedir (Medeiros, Biasi, de Bona, & Cuquel, 2018). Yaban mersini su (% 84), karbonhidrat (% 9,7), protein (% 0,6-0,7), yağ (% 0,4-0,5) ve diyet lifi (% 1,5-3,5) içermektedir (Michalska-Ciechanowska & Łysiak, 2015). Bu besin öğelerinin dışında antosiyaninler, flavonoidler, fenolik asitler gibi biyoaktif bileşikler ve C vitamini, demir ve kalsiyum açısından oldukça zengindir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar sonucunda 50'den fazla flavonoid içeriğine (en yaygın bulunanı kuersetin) sahip olduğu tespit edilmiştir. Yüksek antosiyanin içeriği (3-O-galaktositler, 3-O-glukozitler ve delphinidin, siyanidin, petunidin, peonidin ve malvidin-3-O-arabinosid) içeriğine

sahiptir ve toplam fenolik bileşiklerinin %90'ını oluşturur (Yörük, 2019). Bütün bu biyoaktif bileşikler yaban mersinine antioksidan, antikanserojen, antiinflamatuar ve antimikroyal özellik kazandırmaktadır (Salihler, 2020; Şemşimoğlu, 2019). Ayrıca yapılmış olan klinik çalışmalar yaban mersininin göz hastalıklarında, nörolojik hastalıklarda ve diyabetik hastalarda etkili olduğunu kanıtlamıştır. Bu çalışmaların çoğunda yaban mersini direkt olarak tüketilerek değil içerdiği antosiyaninlerin ekstrakte edilerek tüketilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar da yaban mersininin sağlığa olan olumlu etkisinin antosiyaninlerden kaynaklandığını göstermektedir (Yang & Kortesniemi, 2015). Bir başka çalışmada hafıza kayıplarını azalttığı ve yaşlanmayı geciktirdiği ortaya konulmuş, bu sonuçla antiageing özelliği olduğu da kabul görmüştür (Balcı, 2015).

Vücutta bulunan mikroorganizmaların ve bağırsak mikroflorası üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışma sonucunda düzenli yaban mersinin tüketiminin huzursuz bağırsak sendromuna, idrar yolu enfeksiyonuna ve kardiyovasküler hastalıklar üzerinde olumlu etkiler yarattığı sonucu elde edilmiştir (Değirmencioğlu & Değirmencioğlu, 2019).

1.2.1.3 Karadut

Karadut (Morus nigra), diğer üzümsü meyvelerde olduğu gibi ılıman ve tropik iklim bölgelerinde 4000 m yüksekliğe kadar olan alanlarda yetiştirilebilen üzümsü bir meyvedir (Fazaeli, Hojjatpanah, & Emam-Djomeh, Effects of heating method and conditions on the evaporation rate and quality attributes of black mulberry (Morus nigra) juice concentrate, 2011)**.** Ülkemizde hemen hemen her bölgede yetiştirilebilir olsa da diğer üzümsü meyvelerde olduğu gibi Karadeniz Bölgesi önceliklidir. Boyları 10-15 metreyi bulan ve yaprak boyu 6-12 cm olan ağaçlarda yetişmektedir (Mangan, 2019; Meral & Doğan, 2012)**.** Moraceae familyasında yer alan Morus cinsine aittir. Boyu 2-3 arasında değişen, kendine has rengi, ekşimsi tat ve sulu yapıya sahiptir. Ağız yaralarını iyileştirme, ateş ve kan basıncını düşürme, bağırsak sistemini düzenleme gibi sahip olduğu fizyolojik etkiler sebebiyle tıp alanında şurup ve takviyelerde sıklıkla tercih edilmektedir. Yapısında yer alan antosiyanin ve fenolik bileşiklerin çokluğundan kaynaklanan antioksidan, antienflamatuvar,

antibakteriyel, antidiyabetik (Budiman, Aulifa, Kusuma, & Sulastri, 2017; Karabiyikli, Değırmencı, & Karapinar, 2016; Minhas, ve diğerleri, 2016), antiöstrojen, antibakteriyel, antifungal etkilere sahiptir ve enzim düzenleme, diş eti, kanser ve kalp damar rahatsızlıklarının riskini azaltır (Askin, Tağı, & Küçüköner, 2022; Boranbayeva, Karadeniz, & Yılmaz, 2014; Chen, ve diğerleri, 2016; Engin, 2019; Fazaeli, Yousefi, & Emam-Djomeh, 2013; Jiang, ve diğerleri, 2015; Jiang, Dai, Nie, Yang, & Zeng, 2017; Karagöz, 2019; Mangan, 2019) (Şemşimoğlu, 2019; Sernikli, 2015; Targhi, ve diğerleri, 2017; Turgut, ve diğerleri, 2016). Kendine has olan rengini içerdiği antosiyaninlerden almaktadır. Ana olarak siyanidin-3-glukozid ve siyanidin-3- rutinosit antosiyaninlerini içermektedir (Kamiloglu, Serali, Unal, & Capanoglu, 2012). Antosiyaninlerin dışında esansiyel yağ asitleri yönünden de zengindir. Bu yağ asitleri hormon ve hücre zarı yapılarına katılır. Sinir sisteminin destekleyici etkisi de bulunmaktadır. Antosiyaninlerin dışında içerdiği fenolik bileşikler Tablo 1.4'da verilmiştir.

Tablo 1.4 Karadut meyvesinin antosiyaninler dışında içerdiği fenolik bileşenler

Flavonol	**Fenolik Asit**	**Flavon**	**Flavonon**	**Antosiyanin**	**Stilben**
Rutin	p-hidroksi benzoik asit	Apigenin	Naringenin	Siyanidin	Resveratrol
Kuarsetin	p-kumarik asit			Pelargonidin	
	Gallik asit				
	Vanilik asit				

1.3 Kurutma

Üzümsü meyveler de diğer meyvelerde olduğu gibi yüksek nem içeriğine sahip olup bozulmaya elverişli gıdalardır. Eski zamanlardan beri bu gıdaların raf ömrünü uzatmak ve daha dayanıklı hale getirmek amacıyla farklı yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemlerin en temel olanı ve en çok kullanılanı ise gıdayı kurutma yöntemidir.

Kurutma en temel haliyle gıdadaki suyun uzaklaştırılması olarak açıklanabilir. Kurutma temel olarak;

- Ürünün raf ömrünü uzatmak,
- Ürünün stabilitesini arttırmak,
- Nakliye ve depolamada daha az yer kaplayarak maliyeti azaltmak,
- Sezonluk gıdaların her sezon tüketilebilmesini sağlamak (üzümsü meyveler yaz meyveleridir),
- Bölgesel gıdaların her bölgede tüketilebilir hale gelmesini sağlamak ve
- Son ürünün kalite parametrelerinde istenilen özellikleri ve değerleri elde etmek için uygulanmaktadır.

Tarihteki bilinen ilk kurutma yöntemi gıdanın güneş altına serilerek güneşte kurutma tekniği ile uygulanmasıdır. Bu yöntemde gıdanın mikrobiyal kontaminasyona açık olması, kurutma koşullarının kontrol edilememesi, kurutmanın çok uzun sürede tamamlanması ve hava şartlarına bağlı olarak kurutmanın etkilenmesi gibi olumsuz koşullardan dolayı farklı yöntemler üzerinde çalışılmaya başlanmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle makineler yardımıyla kurutma mümkün hale gelmiştir. Makineli kurutma yöntemlerinde çeşitlilik zamanla artış göstermiştir. Günümüzde kullanılan belli başlı kurutma yöntemleri Tablo 1.5'de verilmiştir.

Tablo 1.5 Günümüzde kullanılan belli başlı kurutma yöntemleri

Güneşte Kurutma	Püskürtmeli Kurutucu
Kabin Kurutma	Sıcak Hava İle Kurutma
Bant Kurutucu	Infrared Kurutma
Tünel Kurutucu	Köpürterek Kurutma
Akışkan Yataklı Kurutucu	Tamburlu Kurutma
VK	Patlamalı Puf Kurutma
Dondurarak Kurutma	LED'li Kurutma
Ozmotik Kurutma	Seramik Zeolit Kurutma Boncuklarıyla Kurutma
Mikrodalga Kurutma	

Kurutulacak gıdaya uygun kurutma yönteminin seçilmesi önemlidir. Kurutma yöntemi son ürün kalitesini etkilediği gibi kurutma sıcaklığı ve kurutmanın uygulanma süresinin de belirleyicisidir. Kurutma sıcaklığı ve süresi; kurutulmuş ürünün renk parametrelerinde, antioksidan aktivitelerinde, rehidrasyon kapasitelerinde ve biyoaktif bileşenlerin miktarlarında oluşan kayıpların miktarını etkiler. Bu kayıpların miktarı ne kadar az olursa kurutulmuş ürünün kalitesi o kadar yüksek olur. Teknolojinin ilerlemesiyle çok çeşitli kurutma yöntemleri kullanılmaya başlansa da her zaman daha kaliteli son ürün ve daha az kayıplı kurutma hedef alınarak çalışmalar yapılmaya devam edilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında ise 3 farklı sistem geliştirilmiştir. Bu sistemler;

- Birden fazla kurutma yönteminin peşi sıra kullanıldığı "kombine sistemler",
- Kurutma esnasında kurutmayı destekleyen ikinci bir sistemin kullanıldığı "destekli sistemler" ve
- Farklı ön işlemler uygulandıktan sonra kurutmanın uygulandığı "ön işleme teknikli sistemler" olarak gruplandırılabilir.

1.3.1 Sıcak Havayla Kurutma

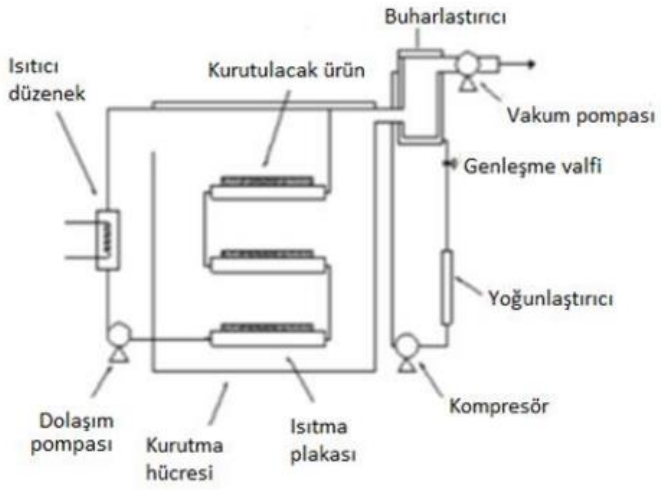
İçeriğindeki mutlak nemi azaltılmış ve sıcaklığı istenilen dereceye getirilmiş hava kullanılarak uygulanan kurutma yöntemidir. Isıtılmış hava tepsiye yerleştirilen kurutulacak gıdanın etrafından dolanır ve gıdadaki suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılmasını sağlar (Turan, ve diğerleri, 2023). Kolay uygulama ve basit düzeneklerle gerçekleştirilebildiği için en çok tercih edilen kurutma yöntemidir. Gıdaya uygulandığı ilk aşamada hızlı bir nem düşüşü gözlemlenir, kurutma hızı çok yüksektir. Daha sonraki aşamalarda gıdadaki nem oranı düşer, kurutma hızı yavaşlar. Teorik olarak bakıldığında kurutmada kullanılan havanın sıcaklığı ve akış hızı ile gıdanın kuruma hızı arasında doğru orantı vardır. Ayrıca kurutmada kullanılan havanın içerdiği nem miktarı ile kuruma miktarı arasında da ters orantı bulunur (Turan, ve diğerleri, 2023). Bu yöntemin en büyük dezavantajı kurutma hızının yavaşladığı evreden itibaren kurutmanın çok uzaması ve enerji verimliliğinin çok düşük olmasıdır. Sıcak havayla kurutma (SHK) yönteminde genel olarak ya yüksek sıcaklık kullanılarak süreyi kısaltmak ya da süreyi uzun tutarak sıcaklığın düşük olması sağlanır. İki türlü de kurutma boyunca gıdanın besin

öğelerinin ve biyoaktif bileşenlerinin dejenarasyonu kaçınılmazdır. Bu yüzden son ürün kalitesinde düşüş yaşanır (Kızmaz, 2019).

1.3.2 Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma (DK) 3 basamakta gerçekleştirilir. İlk basamakta gıda -80 gibi çok düşük sıcaklıklarda dondurulur. İçeriğindeki sıvı haldeki su donarak buz formatına geçer. İkinci aşamada düşük sıcaklık ve basınç kombinasyonunda katı formdaki su süblimasyonla gaz formuna geçirilir. Son aşamada katı forma geçmeyen nemin desorpsiyon yöntemiyle gıdadan uzaklaştırılmasının sağlandığı basamaktır (Kızmaz, 2019; Özdemir, Görgüç, Gençdağ, & Yılmaz, 2021). Kurutma sonucunda gıdada en az bozunmaya sebep olan kurutma yöntemi dondurarak kurutmadır. İlk aşamada su donarken oluşan kristallerin boyutu süblimleşme sonucunda gıdada oluşacak boşlukların boyutu kadardır. Dondurma evresi hızlı gerçekleştirilirse küçük kristaller elde edilir ve kurutma büyük kristallere göre daha zor olsa da daha küçük boşluklar oluşturacağı için gıdanın yapısına daha az zarar verir. Dondurma aşaması yavaş gerçekleşirse büyük kristaller oluşur. Büyük kristalleri kurutmak küçükleri kurutmaya göre daha kolay olsa da daha büyük boşluklar oluşturacağı için gıdanın yapısına daha büyük zararlar verir (Turan, ve diğerleri, 2023).

Taze ürüne en yakın kurutulmuş gıda eldesinin dondurarak elde edildiği yapılan çalışmalarla da birçok kez kanıtlanmıştır. Ayrıca bu yöntemle kurutulan gıdalarda kuruma sırasında oluşan gözenekli yapıları sayesinde rehidrasyon kapasiteleri diğer yöntemlerle kurutulmuş ürünlere göre çok daha yüksektir (Aksoy & Karasu, 2019). Tüm bu avantajlarının yanında en büyük dezavantajı yüksek maliyetli olması ve yavaş gerçekleşen ısı-kütle transferi sebebiyle kurutmanın uzamasıdır. Ortalama olarak geleneksel kurutma yöntemlerine kıyasla beş kat kadar maliyet gerektirmektedir (Cumhur, 2019). Bu da alternatif yöntemlere yönelmeye sebep olmaktadır.



Şekil 1.3 Dondurarak kurutma

1.3.3 Vakum Kurutma

SHK yönteminin uygun olmadığı ısıya duyarlı gıdaların kurutulabilmesi için geliştirilen bir kurutma yöntemidir. Vakumla kurutmada daha kısa sürede ve daha düşük enerji tüketimiyle daha kaliteli son ürün elde etmek mümkündür (Kızmaz, 2019). Kurutma esnasında pompa yardımıyla oluşturulan vakum ortamında kurutma daha kısa sürede gerçekleşmekte ve daha düşük sıcaklıklarda kurutmayı mümkün kılmaktadır. Ayrıca kurutma gerçekleştirilirken ortamda hava olmadığı için gıdanın oksidasyonu önlenir ve renk, tekstür veya aroma gibi özelliklerin değişmesinin önüne geçilir (Bölek, 2020).

Geleneksel kurutma yöntemleriyle kurutma yapıldığında dış yüzeyde gerçekleşen hızlı kurumadan dolayı istenmeyen kabuklaşma olan ve iç kısımlarında istenilenin üzerinde nemli kalan gıdaların kurutulması için oldukça elverişli bir yöntemdir (Aksoy & Karasu, 2019). Tüm bu özelliklerinin ve avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. En önemli dezavantajı vakumla oluşturulan düşük basınç alanında ısı transferinin kolay olmamasıdır. Buna ek olarak vakumun gıdanın merkezinde bulunan suyun yüzeye taşınması konusunda da zorluk yaratmasıdır.

1.4 Ön İşleme Teknikleri

Ön işleme teknikleri kurutma yönteminden önce uygulanarak gıdanın kurumasını kolaylaştıran işlemlerdir. Genellikle gıda membranına etki ederek por adı verilen boşluklar/delikler ya da kanallar oluşması prensibiyle etkisini gösterirler. Membranda oluşan bu deformasyon büyüklüğü su moleküllerinin çıkışını sağlayacak boyutta olup besinsel değere sahip bileşiklerin çıkamayacağı boyutlardadır. Ön işleme teknikleri Tablo 1.6' da gösterildiği gibi fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Tablo 1.6 Kurutma öncesi uygulanan ön işleme teknikleri

Ön İşleme Teknikleri			
Kimyasal Yöntemler		**Fiziksel Yöntemler**	
SIVI FAZ	GAZ FAZ	ISISAL	ISISAL OLMAYAN
Alkali Likör	Sülfürdioksit	Sıcak su	Ultrases
Sülfit Likörü	Ozon	Buhar	Dondurmak
Asit Likör	Karbondioksit	Ohmik	PEF
		Etüvlemek	Yüksek Hidrostatik Basınç
			Vakum
			Vakum İmpregnasyonu
			Mikrodalga
			Infrared

Fiziksel yöntemlerdeki ısısal ön işleme tekniklerinde uygulanan ısıdan kaynaklanan küçük çaplı bir kurutma gerçekleşse de ön işleme tekniklerinin uygulanma amacının ön kurutma yapmak değil, sonrasında uygulanacak kurutmada suyun daha kolay ve hızlı uzaklaşmasını sağlamak olduğu unutulmamalıdır.

Gıdalara uygulanan her türlü ön işleme tekniği gıdada;

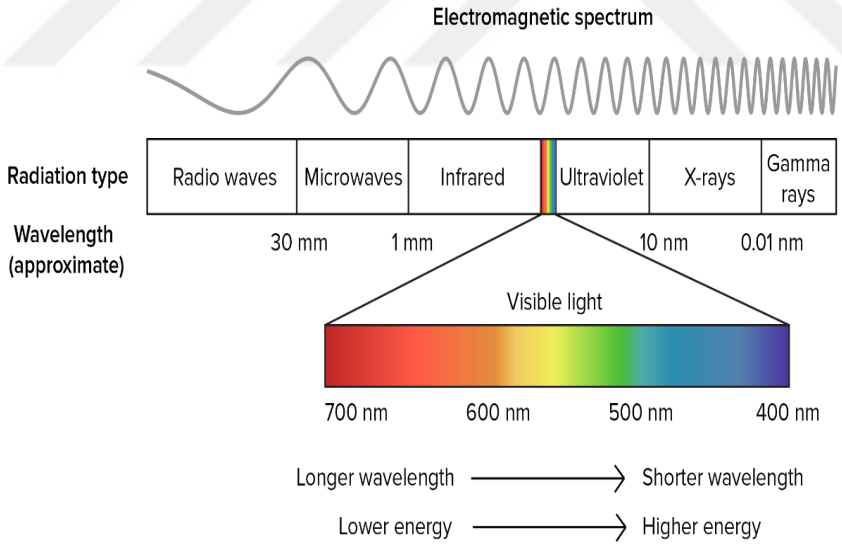
- Kurutma esnasında gerçekleşen kayıpların azaltılmasında,
- Kurutma işleminin uygulanma süresinin azaltılmasında,
- Kurutulduğunda daha kaliteli ürün eldesinde,

- Kurutma esnasında meydana gelen istenmeyen değişikliklerin önlenmesinde,
- Kurutma işleminin maliyetinin azaltılmasında ve
- -Üretim miktarı veya harcanan enerji miktarı bakımından verimin arttırılmasında etkili olmaktadır.

Kayıpların yaşanmasında en önemli etkenlerden biri uygulanma sıcaklığı olduğu için ısıl olmayan işlemlere olan ilgi her geçen gün artmaktadır.

1.4.1 Mikrodalga Ön İşlemi

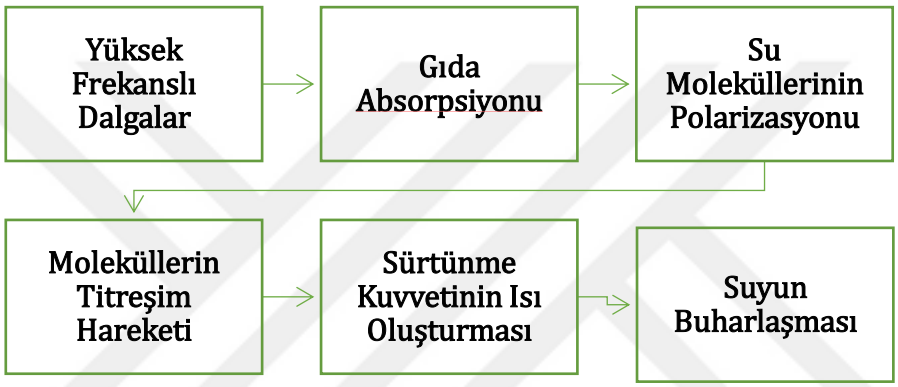
Mikrodalga bir elektromanyetik enerji türüdür. Şekil 1.4'te de görülebileceği gibi mikrodalga dalgaları kızılötesi (infrared) dalgaları ile radyo frekansları arasında yer almaktadır. Dalga boyu 1 mm – 1 m, frekansı 300 MHz - 300 GHz aralığındadır. Kullanım alanlarına göre 2 farklı tipte mikrodalga bulunmaktadır. Eve tipi mikrodalga fırınları 2.45 GHz frekansta iken endüstriyel tipi fırınlarda 2.45 GHZ veya 915 MHz frekanslarına sahip olabilmektedir (Özkan Karabacak, Özcan Sinir, & Suna, 2015).



Şekil 1.4 Dalga boyları

Mikrodalganın gıdaya uygulanması 6 basamakta gerçekleşir. Yüksek frekanslı dalgaların gıdaya iletilmesiyle başlar. Mikrodalga enerjisi gıda tarafından

absorplanır. Gıdanın içeriğindeki su molekülleri polarizasyona uğrar ve bu su moleküllerinde titreşim hareketini oluşturur. Titreşen moleküller birbirlerine çarparak veya sürtünerek ısı açığa çıkarır. En son olarak açığa çıkan bu ısı enerjisi suyun buharlaştırılması için kullanılır. En büyük problem ise son aşamada yanmalar ve kalite kayıpları yaşanmasıdır (Polatci & Taşova, 2017). Bütün mikrodalga boyunca tek kademede güç uygulanması sebebiyle bu problemin yaşanma ihtimali artar. Gıda her aşamada farklı miktarda mikrodalga enerjisine ihtiyaç duyar. Bu problemin en iyi çözümü ise son aşamada sıcaklık kontrolü ve mikrodalga gücünün yeniden ayarlanmasıdır (Akoy & Hoersten, 2015).



Şekil 1.5 Mikrodalganın gıdaya uygulanma prosesi

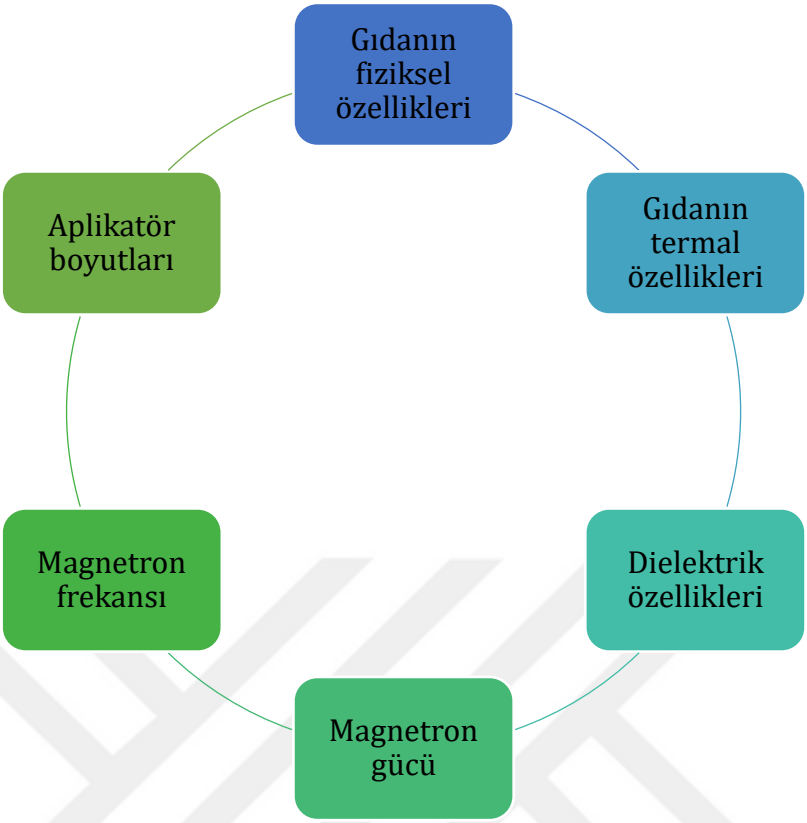
Mikrodalga uygulamasının da kendine göre belli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Tüm bu avantaj ve dezavantajlar Tablo 1.7'de detaylandırılmıştır. Diğer tüm yöntemlerden farklı olarak en büyük avantajı ambalajlanmış gıdalara da uygulanabilir oluşudur. Ayrıca infrared uygulamasında olduğu gibi ortamı ısıtmaya gerek kalmadan direkt olarak gıdaya etki etmesi de bir diğer önemli avantajıdır.

Tablo 1.7 Mikrodalganın avantaj ve dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Materyalin çok daha fazla ısınmasına olanak sağlaması	Ekipmanların dizayn maliyetlerinin yüksek olması
Homojen ısınma gerçekleştirmesi	Yatırım maliyetinin yüksek olması
Enerji ve zaman tasarrufu sağlaması	Doğru ısıtma için uygun şekilde gıda kullanılma zorunluluğu olması
Ortamın ısıtılmasına gerek duyulmaması	Bazı şekillerde kenar ve köşelerde ısınmanın yetersiz kalması
Ekipman olarak az yer kaplaması	
Paketli gıdalara uygulanabilir olması	

En önemli dezavantaj ise mikrodalganın etkisinin uygulanacak gıdanın şekline bağlı olmasıdır. Çünkü mikrodalga uygulandığında sıcaklık artışı gıdanın merkezinden dışa doğru gerçekleşir ve köşeli olacak şekilde kesilmiş veya dilimlenmiş gıdada köşe veya kenar bölgelerde istenilen düzeyde etki gözlemlenmeyebilir. Bu yüzden uygulanacak gıda daha çok tek düze şekilde olmalıdır.

Mikrodalga ile gıda kurutma ele alındığında verimliliği etkileyen 6 temel faktör vardır. Bu faktörler Şekil 1.6'da verilmiştir.

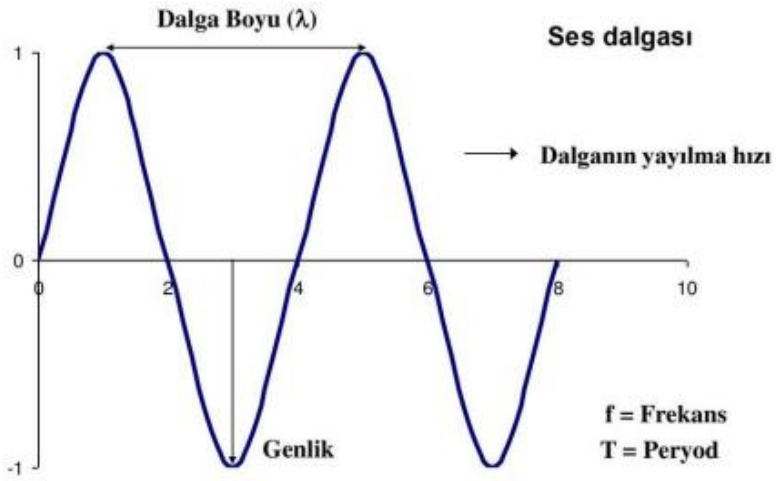


Şekil 1.6 Mikrodalga ile gıda kurutmanın verimliliğini etkileyen temel faktörler

1.4.2 Ultrases Ön İşlemi

Bir diğer enerji kaynağı da sestir. En temel tanımıyla taneciklerin denge durumunda gerçekleştirdiği titreşim hareketlerinden kaynaklanır. Birimi Hertz'dir ve "Hz" ile gösterilmektedir. Sesin bir saniyede gerçekleştirdiği titreşim sayısı ise frekans olarak adlandırılır. Her canlının algılayabildiği frekans arlığı farklı olmak ile birlikte ortalama olarak insanların algılayabildiği frekans aralığı 16 Hz – 18 kHz'dir. Ultrases ise insan tarafından algılanabilen frekans aralığından daha yüksek

frekansa sahiptir ve yaklaşık olarak 20 kHz- 10 MHz aralığında yer alır (Tüfekçi & Özkal, 2015).



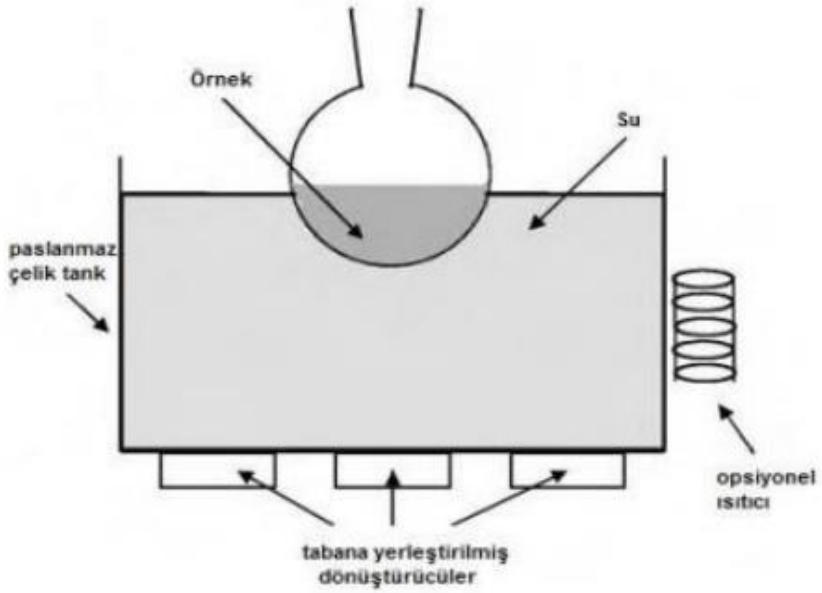
Şekil 1.7 Ses dalgası

Ultrasesin gıdalarda kullanılarak kurutma işleminin gerçekleştirilmesi "akustik kurutma" olarak da isimlendirilir. Gıdaya olan en büyük etkisi kavitasyondur. Kavitasyon, ses dalgasındaki alçak basınç ve yüksek basınç bölgelerinden kaynaklanan bir olaydır. Şekil 1.7'de verilen görsele bakıldığında genlik olarak işaretlenen bölge ses dalgasının alçak basınç bölgesidir. Bu bölgede gıdanın sahip olduğu moleküller arasındaki mesafe normalin üstüne çıkar ve baloncuk oluşturur. Ses dalgasının enerjisi bu baloncuğa aktarıldıkça baloncuğun boyutu büyüyerek maksimum büyüklüğüne ulaşır. Enerji aktarımı devam ederse baloncuk daha fazla enerjiyi taşıyamaz ve içe doğru patlama gerçekleşir. Bu olaya kavitasyon adı verilir. Kavitasyon sonucunda patlama bölgelerinde mekanik ve kimyasal enerji birikimi söz konusudur. Bu enerji yüksek sıcaklık ve basınca sebep olur (Sayın & Tamer, 2014). Oluşan baloncukların boyutları, ses dalgasının frekansına ve ortamın sahip olduğu viskozite yüzey gerilimi ve sıcaklık gibi özelliklerine bağlıdır (Goztepe, ve diğerleri, 2022).

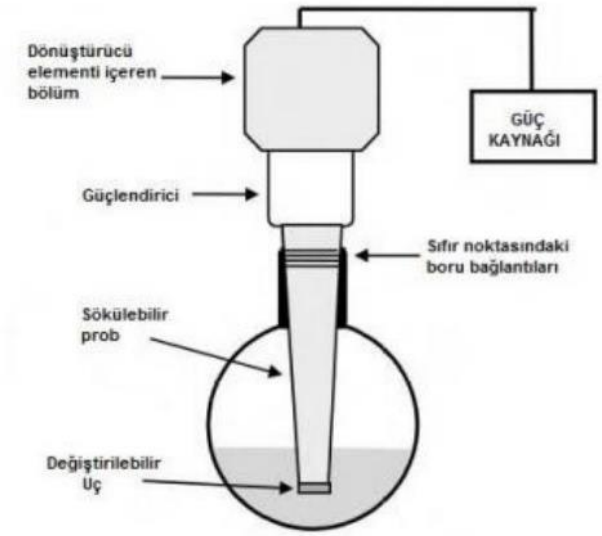
Kavitasyonda oluşan baloncuklar ve enerji aktarımları aynı zamanda gıdada sıkışma ve genleşme hareketine sebep olur. Bu hareketin kuvveti gıdanın yüzey gerilim kuvvetinden büyük olduğu durumlarda süngerimsi mikro kanallar oluşur.

Bu kanallar gıdadaki suyun kurutma esnasında daha kolay çıkmasını sağlar (Tekin, Başlar, Karasu, & Kılıçlı, 2017). Tüm bu değişimler sonucunda ultrasesin gıdada iç mikro yapısını değiştirdiği, su difüzyon direncini azalttığı ve sıcaklıkta artışa sebep olduğu söylenebilir (Wang, ve diğerleri, 2021). Tüm bu değişimler ise lezzet, tekstür ve besin ögesi moleküllerinin daha iyi korunmasında etkili olmasıyla sonuçlanır (Sayın & Tamer, 2014).

Ultrases uygulaması iki şekilde gerçekleştirilebilir: Ultrasonik banyo ve ultrasonik prob. Ultrasonik banyo (Şekil 1.8) genellikle çözgenden havayı uzaklaştırmak veya küçük cam malzemeleri temizlemek için kullanılır. Tekrarlanabilirliğinin azlığı ve aktarılacak enerjinin düşüklüğü sebebiyle gıda sektöründen kullanımı kısıtlıdır. Ultrasonik banyoda gıda cihaza batırılırken ultrasonik probta (Şekil 1.9) gıdanın içine prob daldırılır. Yoğunluk probun ucundan gıdaya aktarıldığı için daha küçük bir alanda daha büyük bir etki söz konusudur. Ultrasonik probun maliyeti, ultrasonik banyoya göre daha yüksektir.



Şekil 1.8 Ultrasonik banyo



Şekil 1.9 Ultrasonik prob

Şiddetine göre ultrases çeşitleri ikiye ayrılmaktadır. Birinci grup yüksek frekans düşük güçtür. Bu gruptaki ultrases dalgaları 0.1-10 MHz aralığında frekansa ve 1 W/cm² şiddete sahiptir. Bir ürünün veya prosesin izlenmesinde, kontrol edilmesinde ve takibinde kullanılır. Bir maddenin fizikokimyasal özelliklerini belirlemek için de kullanıldığı durumlar vardır. İkinci grup ise 20-100 kHz frekans aralığına ve 10-100 W/cm² şiddete sahip olan düşük frekans yüksek şiddet grubudur. Bu çeşit ultrases uygulamalar ise bir ürüne veya prosese doğrudan etki etmek ya da düzenlemek için kullanılır. Ultrasesin etkisini belirleyen faktörler uygulama sıcaklığı ve uygulanan gıdanın viskozitesidir. Sıcaklık yüksekse yüzey gerilim kuvveti azalacağı için daha çok baloncuk oluşsa da bu baloncukların sönümleme şiddeti düşük olur. Sıcaklığın 15 düşük olduğu durumlarda daha az ama etkisi daha büyük olan baloncuklar oluşur ve daha çok enerji açığa çıkar. Yüzey gerilimini etkileyen bir diğer faktör de viskozitedir. Viskozite arttıkça yüzey gerilim kuvveti de artar. Yüzey gerilimi artarsa ultrasesin etkisi azalacağı için ürünün viskozitesinin yüksek olması istenilen bir durum değildir. Yüksek olması durumunda yüksek şiddet ve düşük frekansa sahip ultrases uygulamak çözüm olacaktır (Tüfekçi & Özkal, 2015).

1.5 Tezin Amacı

Karadut, yaban mersini ve çilek biyoaktif bileşenler bakımından oldukça zengindir ancak hasat süresi kısadır. Bu meyvelerin sağlık üzerine olumlu etkilerinden faydalanabilmek amacıyla meyvelerin her mevsim ulaşılabilir olması önemlidir. Kurutma işlemi ile meyvenin uzun süre muhafaza edilmesi ve çeşitli ürünlerin üretiminde değerlendirilmesi mümkündür. Korunan fiziksel ve fonksiyonel özelliklere sahip bir ürün, uygun kurutma prosedürü seçilerek elde edilebilir. Bu çalışmanın amacı, antosiyanince zengin meyvelerin geleneksel kurutma yöntemlerine ek olarak ultrason ve mikrodalga gibi ön işlem teknikleri kullanılarak muhafaza edilerek uzun süre dayanıklılığını sağlamak, farklı kullanım alanları oluşturmak ve bunu yaparken biyoaktif özelliklerini kaybetmemektir. Bu çalışma kapsamında sıcak hava ile kurutma (SHK), vakum etüvde kurutma (VK), ultrases ön işlemli sıcak hava ile kurutma (SHK-US), ultrases ön işlemli vakum etüvde kurutma (VK-US), mikrodalga ön işlemli sıcak hava ile kurutma (SHK-MD), mikrodalga ön işlemli vakum etüvde kurutma (VK-MD) ve dondurarak kurutma (DK) olmak üzere farklı tekniklerle 50°C sıcaklıkta gerçekleştirilen kurutma işlemlerinin karadut, yaban mersini ve çileğin kurutma kinetiğinin modellenmesi, biyoaktif özellikleri ve renk nitelikleri üzerine etkilerinin incelenmesi ve ön işlemlerin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.6 Hipotez

Karadut, yaban mersini ve çilek biyoaktif bileşenler bakımından oldukça zengin olan ancak hasat süresi kısa olan meyvelerin kurutulması için muhafaza yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kurutma da muhafaza yöntemlerinden en çok tercih edilenlerindendir, özellikle de Sıcak hava ile kurutma yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kurutma yönteminin, kurutma sürelerinin uzun saatler sürmesi ve biyoaktif bileşen kayıplarının yüksek olması vb. dezavantajları vardır. Bu yüzden alternatif kurutma yöntemleri ve/veya ön işlem teknikleri ile çalışmalar yapılmaya ihtiyaç vardır. Vakum kurutma, vakum altında ve düşük sıcaklıklarda etkin kurutma sağlayabildiği için tercih edilebilir. Bu iki yöntemin de eksikliklerini

gidermek amacıyla ultrases ve mikrodalga ön işlemleri ile desteklenmesi araştırılmalıdır. Ultrases ön işlemi ile desteklenmesi gıdanın içerisindeki suyun mikrokanallar oluşturularak daha kolay çıkışını sağlamak için tercih edilebilir. Ultrases destekli vakum kurutma ile daha düşük sürede daha verimli kurutma olacağı yapılan çalışmalarda görülmüştür. Mikrodalga ön işlem ile desteklenen kurutma yöntemlerinin, kuruma süresini azaltabilir ve yüksek kaliteli kurutulmuş ürünler üretebildiği yapılan çalışmalarda görülmüştür. Bu çalışma kapsamında tercih edilen bir diğer kurutma çeşidi olan dondurarak kurutma yönteminde gıda içerisindeki su süblimasyon yoluyla düşük sıcaklık ve vakum altında uzaklaştırılır. Bu kurutma yöntemi ile kurutulan ürünlerin rengi ve biyoaktif bileşenleri diğer yöntemlerle kıyasla daha iyi korunmaktadır. Bu çalışmanın en önemli amacı olan karadut, yaban mersini ve çilek meyvelerinin daha az toplam fenolik madde ve fenolik bileşen kaybı ve daha yüksek antioksidan kapasiteyi sağlayan düşük kurutma süresine sahip ve ekonomik olan yöntemin belirlenmesi için kurutma süresi bakımından ise en verimli metodun ultrases destekli vakum kurutma olacağı ve en az biyoaktif bileşen kaybının dondurularak kurutma olacağı ancak dondurularak kurutmanın uzun kurutma sürelerinden ve yüksek kurulum maliyetinden dolayı ekonomik açıdan dezavantajlı olduğu düşünülmektedir.

2

MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1 Materyal

Meyvelerin hepsi Nisan 2022 İstanbul ili online sipariş uygulamaları üzerinden temin edildi. Taze meyveler kurutma işlemi başlatılana kadar +4 ℃' deki depoda muhafaza edilmiştir. taze meyvelerin nem içerikleri tablodaki gibidir.

Alınan meyvelerden büyüklük ve şekil bakımından eş olanlara kurutma işlemi uygulanmıştır. Yaban mersini ve karadut bütün olarak kurutulurken çilekler yatay eksende dilimlenmiştir. Çileğin dilim kalınlıkları 0.5 cm olarak belirlenmiştir.

2.2 Yöntemler

2.2.1 Kurutma Koşulları

3 meyveden 50'şer gr ürün SHK (SHK), vakumla kurutma (VK) ve dondurarak kurutma (DK) yöntemi ile kurutulmuştur. Ön işlem olarak ultrases (US) ve mikrodalga (MD) yöntemleri uygulanmıştır. SHK için 1,3 m/s 'lik sabit akış hızında 50 ℃ 'lik sıcak hava kullanılarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. VK için 60 mbar nihai basınç ve 2 L/s pompa hızına sahip bir vakum pompası kullanılarak 50℃' de kurutma tamamlanmıştır. DK için ise – 80 ℃'de meyveler 24 saat süreyle dondurulduktan sonra kurutuldu. Bütün kurutma işlemleri 0,2 kg su/kg kuru maddeye gerçekleştirildi (%20). MD ön işlemi için 300 W ve 100 W'lık ön işlemler 1'er dakika uygulanmıştır. US için 296 W'lık ultra ses banyasunda yarım saatlik ön işlem uygulanmıştır.

2.2.2 Kurutma Eğrisinin ve Etkin Nem Yayılımının (Deff) Matematiksel Modellemesi

Elde edilen veriler Newton, Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Wang and Singh, Two terms, Two terms exponential, Parabolic ve Weibull olmak üzere dokuz ince tabaka kurutma modeli ile modellenmiştir (Tablo 1). Bu modellere göre, Me'nin değeri M veya M0'a kıyasla nispeten küçük olduğundan, nem oranı (M –

Me)/(M0 – Me) yerine M/M0 olarak basitleştirilmiştir; burada M, o andaki nem içeriğidir. t, M0 başlangıç nem içeriği ve Me denge nem içeriğidir. Model parametreleri ve R2 değerleri, Statistica yazılım programı (StatSoft, Tulsa, ABD) kullanılarak doğrusal olmayan bir regresyon analizi ile hesaplandı. Modelin kabul edilebilirliği, R2 ve ortalama karekök hata (RMSE) değerlerine göre belirlendi. Daha yüksek R2 ve daha düşük RMSE değerleri, kurulan modelin iyi uygunluğunu gösterir. RMSE değerleri aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\mathrm{RMSE} = \left[\frac{1}{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}} \left(\mathrm{MR}_{\mathrm{pre,i}} - \mathrm{MR}_{\mathrm{exp,i}} \right)^2 \right]^{1/2} \tag{2.1}$$

Eşitlik 1, MRprei tahmin edilen nem oranıdır, MRexpi deneysel nem oranıdır, N gözlem sayısıdır ve n sabitlerin sayısıdır.

Meyvelerin etkin nem yayılımı (Deff), Fick'in ikinci yasası (Eşitlik 2) kullanılarak hesaplandı:

$$\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{t}} = \nabla \left[\mathrm{D}_{\mathrm{eff}} \left(\nabla \mathrm{M} \right) \right] \tag{2.2}$$

Bu denklem, küresel şekiller ve kararsız difüzyon koşulları varsayılarak aşağıdaki denklem olarak uyarlanmıştır:

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(\frac{-n^2 \pi^2 D_{eff}}{r^2} \right) \tag{2.3}$$

burada Deff etkin nem yayılımı (m2/s), r meyvelerin yarı kalınlığıdır (m) ve n pozitif tam sayıdır. Uzun kuruma süreleri için bu denklem Eşitlik 4 olarak basitleştirilebilir.

$$ln\left(MR\right) = ln\left(\frac{6}{\pi^2} \right) - \left(\pi^2 \frac{D_{eff} t}{r^2} \right) \tag{2.4}$$

Deff değerleri, aşağıdaki denkleme göre zamana karşı ln (MR) ile ilgili deneysel kurutma verileri çizilerek düz bir çizginin eğimi (K) kullanılarak hesaplandı.

$$K = \frac{\pi^2 D_{eff}}{r^2} \tag{2.5}$$

2.2.3 Ekstraksiyon

Kuruma işlemi tamamlanmış meyveler %80 metanol ile ekstrakte edildi. Meyve – solüsyon karışımlarını homojen hale getirilmek için ultra – turraxta 10000 rpm 'de 2 dakika parçalandı. Daha sonra oda koşullarında en az 2 saat karışım çalkalandı. Çalkalanma tamamlandıktan sonra 5000 RPM' de 10 dakika boyunca santrifüj edildi. Santrifüj edilmiş ekstraktlar filtre kağıdı yardımıyla süzüldü.

2.2.4 Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik (TFM) miktar analizi tarafından uygulanan metoda göre gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilmiş ve seyreltilmiş numunelerden 0.5 mL alınarak üstüne Folin Ciocalteu'nun fenol reaktifinden 2.5 mL ve sodyumhidroksid (Na_2CO_3) sırasıyla eklendi. Daha sonra karışımlar yarım saat karanlıkta bekletildi. Fenolik içerikleri, UV–Vis spektrofotometre cihazı (Shimadzu UV-1800, Japonya) ile 760 nm' de okunmuştur. Elde edilen sonuçlar kuru madde başına mg (mg GAE/g DM) gallik asit eş değeri (GAE) olarak birimlendirildi.

2.2.5 Antioksidan Kapasite Tayini

Antioksidan kapasitesi tayinleri DPPH serbest radikal süpürme kapasitesi metodu ve ABTS radikal süpürme kapasitesi metoduna göre modifiye edilerek gerçekleştirildi.

Her bir seyreltilmiş ürün ekstraktından 0,1 mL alınmış ve 4,9 mL DPPH (1,1-diphenyl-2- picrylhydrazyl) solüsyonu ile karıştırılmıştır. Yan ürünlerin ekstraktlarının absorbansı, 60 dakikalık inkübasyondan sonra bir spektrofotometre (Shimadzu UV-1800, Japonya) ile 517 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar, 100 g başına mg Trolox eşdeğeri (TE) olarak verilmiştir.

ABTS (2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) radikal stok solüsyonu (7 mM) ve 2,45 mM potasyum persülfat solüsyonu karanlıkta, oda sıcaklığında 12–

16 saat karıştırıldı. Karışım kullanılmadan önce distile su ile absorbansı 0,700 olacak şekilde ayarlandı. 0.1 mL numune 2 mL seyreltilmiş ABTS solüsyonu ile karıştırıldı ve oda sıcaklığında 6 dakika inkübe edildi. Absorbans 734 nm'de ölçüldü (Shimadzu UV-1800, Japonya) ve sonuçlar, numunenin litresi başına mg Trolox eşdeğeri (TE) olarak ifade edildi.

2.2.6 Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Yan ürünlerin renk parametrelerini ölçmek için bir kolorimetre (CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Tüm ölçümler CIELAB sisteminde *(L*, a** ve *b**) ve 25°C'de üçlü olarak yapılmıştır. Yan ürünlerin renk değerleri *L** (beyazlık (100) /koyuluk (0)), *a** (kırmızı/yeşillik) ve *b** (sarı/mavilik) olarak verilmiştir.

2.2.7 İstatistiksel Analiz

Veriler JMP 9 (SAS, NC, ABD) programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testiyle analiz edilmiştir. Değişkenler arasındaki farklar $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir. Aritmetik ortalama ve standart sapmalar her değişken için hesaplanmıştır.

3

ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Kurutma Kinetiği

Karadut meyvesinin, yaban mersininin ve çileğin kurutma süreleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Meyvelerin kurutma süreleri sırasıyla 600-1530 dakika, 420-4380 dakika ve 210-525 dk arasında değişmiştir. VK kurutma yöntemi SHK yöntemine göre daha hızlı kuruma davranışı sergilemiştir.

Tablo 3. 1 Meyvelerin kurutma süreleri

Kurutma Yöntemi	**Sıcaklık (°C)**	**Kurutma Süresi (dk)**		
		Karadut	Yaban Mersini	Çilek
HAD KONTROL	50	1530	3570	525
HAD-MD (100W)	50	1320	4320	525
HAD-MD (300W)	50	1230	2700	420
HAD-US	50	1410	4380	525
VD KONTROL	50	840	690	240
VD-MD (100W)	50	930	600	240
VD-MD (300W)	50	600	420	210
VD-US	50	780	600	240
FD		7200	4320	4320

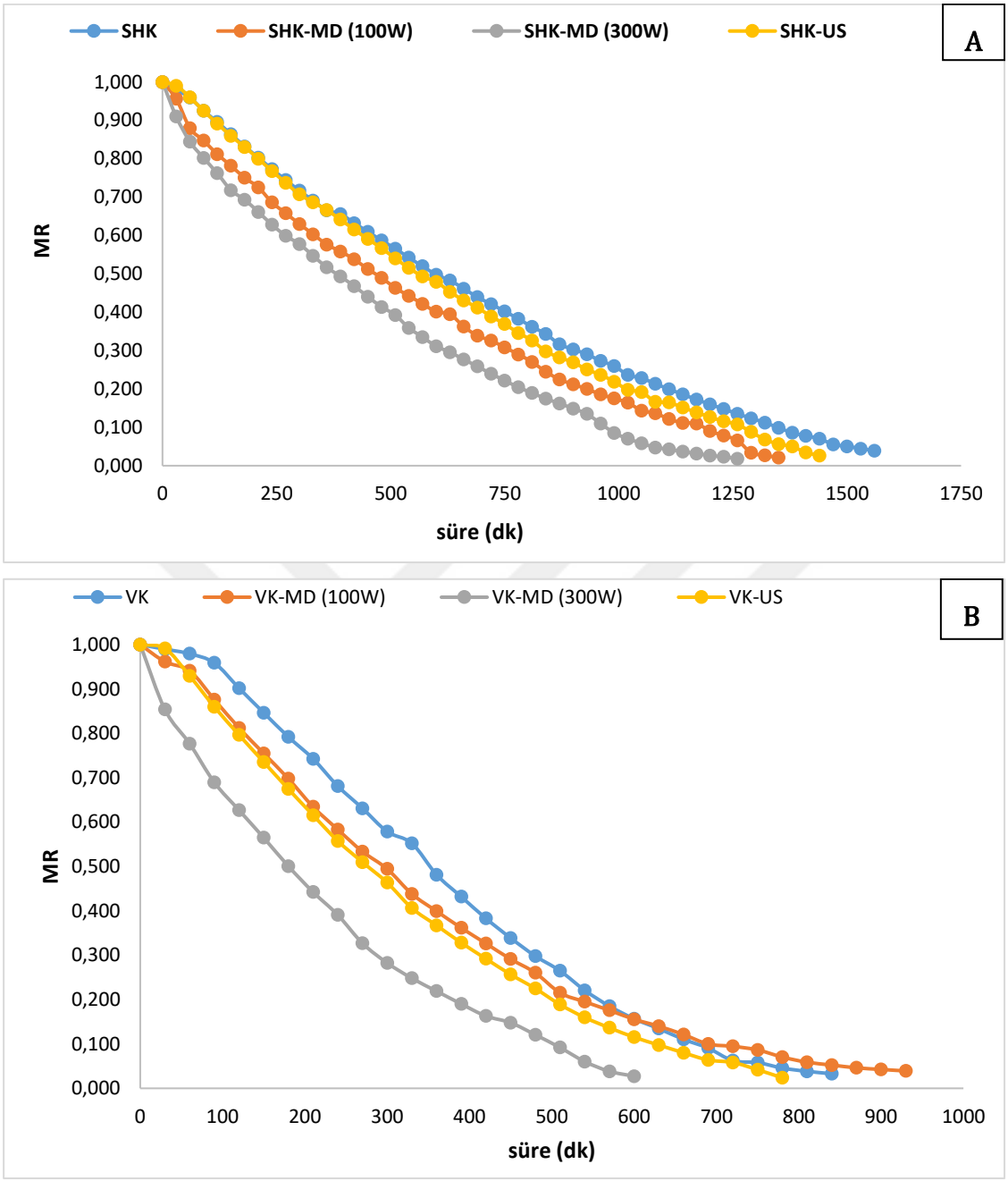
Sıcak havayla kurutma işlemi sırasında, dış ısı akışının neden olduğu ürünlerin sıcaklığındaki daha yavaş artış, içeriden nem transferini yavaşlatarak daha uzun kuruma süresine neden olur. Vakumla kurutma işlemi sırasında, basınç düşer ve gıdanın içerdiği suyun kaynama noktası da

düşer ve yüzeyde buharlaşma hızının artmasına neden olur. Vakumla birlikte ultrason kullanımının kuruma süresinde önemli bir azalma sağladığı görülmektedir. Bunun nedeni, kavitasyonun sebze ve meyvelerin dokusunda mikroskobik boşluklara neden olması, böylece suyun kolayca uzaklaştırılması ve kuruma süresinin kısalmasıdır.

3.1.1 Karadut

Kuruma süresi sıcak hava ile kuruma yöntemi için 1230 ile 1530 dakika arasında VK yöntemi içinse 600 ile 930 dakika arasında sürmüştür (Tablo 3.1). Genel olarak VK yöntemi SHK yöntemine göre daha kısa sürede kuruma işlemi tamamlanmıştır. SHK yönteminde mikrodalga ön işlemi ultrases ön işlemine göre daha etkili olmuştur. VK' da ise US ön işlemi MD-100 W ön işlemine göre daha etkili, MD-300 W ön işlemine göre daha etkisiz kalmıştır. Her iki kurutma yönteminde de mikrodalga gücünün artması kurutma süresi üzerinde olumlu etki yaratmış ve süreyi kısaltmıştır.

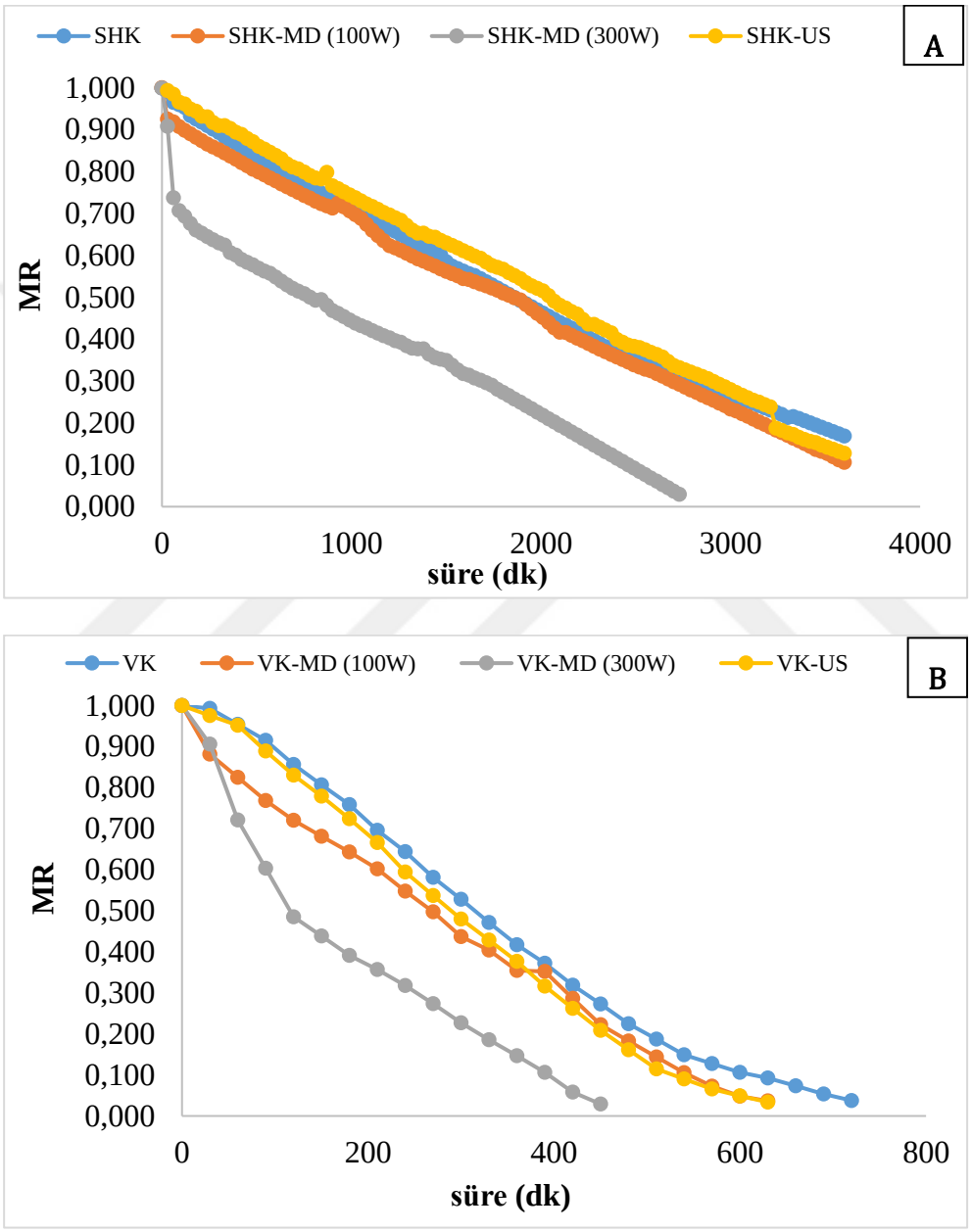
Sıcak hava ile ve vakum ile kurutulmuş karadutların kuruma eğrileri Şekil 3.1'de verilmiştir. Kuruma süresi ile nem oranının (MR) sürekli olarak düştüğü görülmektedir. Bu eğrilerde sabit oran periyodu olmayıp, sadece azalan oran periyodu gözlenmiştir.



Şekil 3.1 Farklı yöntemlerle kurutulan karadut meyvelerinin kuruma eğrileri

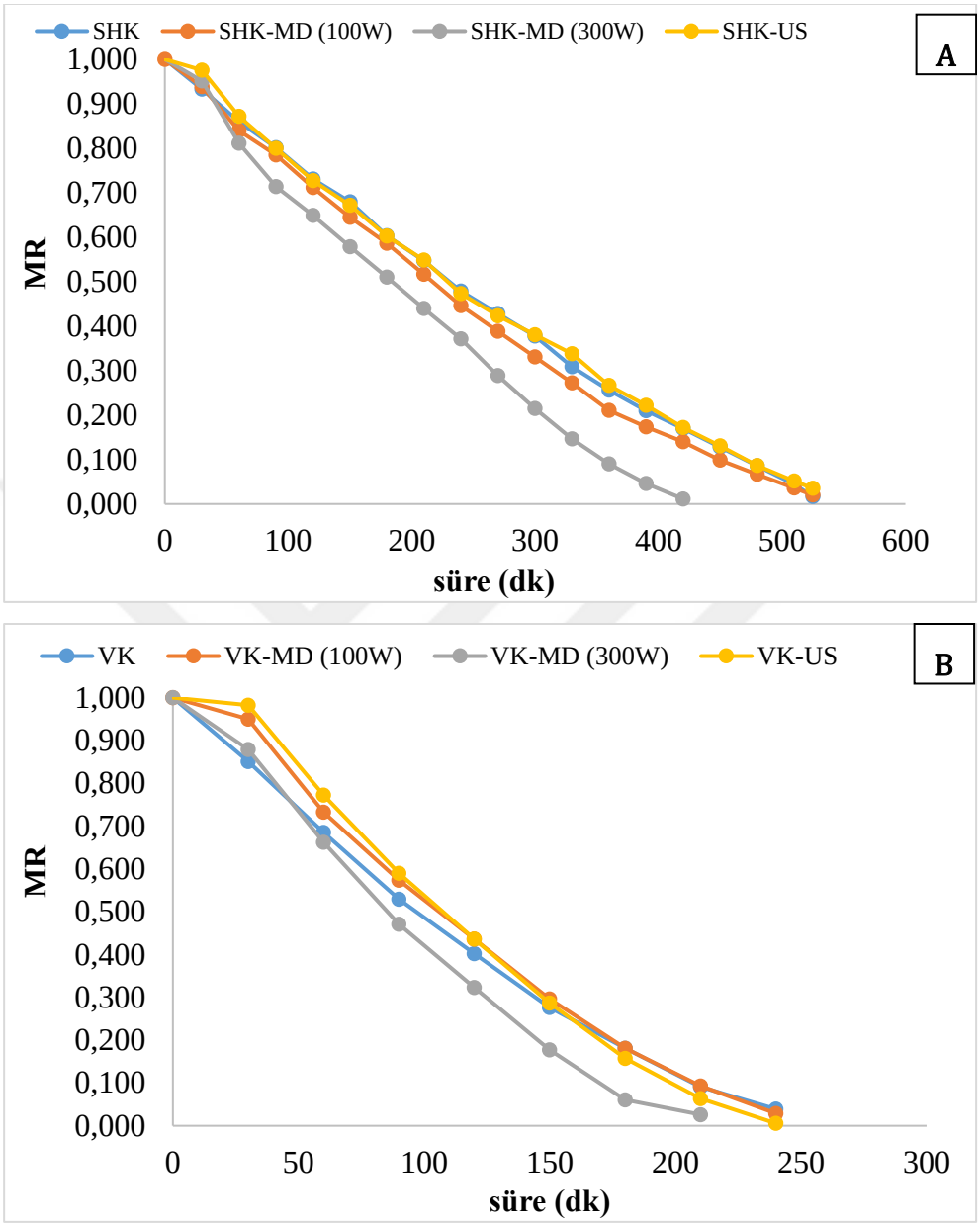
3.1.2 Yaban Mersini

Sıcak hava ile ve vakum ile kurutulmuş yaban mersinlerinin kuruma eğrileri Şekil 3.2'de verilmiştir. Kuruma süresi ile nem oranının (MR) sürekli olarak düştüğü görülmektedir. Bu eğrilerde sabit oran periyodu olmayıp, sadece azalan oran periyodu gözlenmiştir.



Şekil 3.2 Farklı yöntemlerle kurutulan yaban mersini meyvelerinin kuruma eğrileri

3.1.3 Çilek



Şekil 3.3 Farklı yöntemlerle kurutulan çilek meyvelerinin kuruma eğrileri

SHK ve VD yöntemleriyle kurutulan örneklerin kuruma davranışını açıklamak için Tablo 3.1'de dokuz farklı model verilmiştir. Bu modellerin çoğu, gıda ve biyolojik materyallerde yaygın olarak kullanılan Newton, Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Wang ve Singh, İki terimli, İki terimli üstel, Parabolik ve Weibull modelleridir. Dokuz ince katmanlı kurutma modeli,

istatistiksel parametreler R^2 ve RMSE için karşılaştırıldı. İstatistiksel analiz değerleri Tablo 3.2'de özetlenmiştir. Tüm modeller için R^2 değerleri 0,98'den büyüktür, bu da tüm kurutma modellerinin meyve numunelerinin kurutma davranışını başarıyla tamamladığını gösterir. R^2 değerleri 0,9881 ile 0,9995 arasında ve arasında değişmektedir.

Tablo 3. 2 Karadut

	SHK							VK						
	R^2	**K**	**n**	**a**	**B**	**c**	**d**	**R^2**	**k**	**N**	**a**	**b**	**c**	**d**
Lewis	0,985	0,079						0,971	0,142					
Page	0,997	0,036	1,310					1,000	0,031	1,775				
Henderson and Pabis	0,990	0,086		1,080				0,976	0,167		1,176			
Logarithmic	1,000	0,045		1,435		-0,422		0,995	0,068		1,820		-0,728	
Two term	0,990			0,540	0,540	0,086	0,086	0,998			13,697	-12,723	0,324	0,356
Wang & Singh	1,000			-0,058	0,001			0,991			-0,094	0,001		
Two term exp	0,997	0,115		1,833				0,997	0,245		2,161			
Parabolic	1,000			1,004	-0,059	0,001		0,996			1,095	-0,121	0,003	
Weibull	0,997			1,310	12,740			1,000			1,775	7,103		
	SHK-MD (100W)							**VK-MD (100W)**						
Lewis	0,992	0,099						0,986	0,162					
Page	0,995	0,071	1,140					1,000	0,080	1,366				
Henderson and Pabis	0,992	0,102		1,023				0,992	0,179		1,109			
Logarithmic	0,999	0,060		1,262		-0,295	0,102	0,997	0,131		1,221		-0,155	
Two term	0,992			0,512	0,511	0,102		0,992			0,300	0,809	0,179	0,179
Wang & Singh	0,997			-0,075	0,001			0,998						
Two term exp	0,992	33,705		0,003				1,000	0,244		1,929			
Parabolic	0,999			0,951	-0,067	0,001		0,999			1,044	-0,133	0,004	
Weibull	0,995			1,140	10,177			1,000			1,366	6,364		

Tablo 3. 2 Karadut (devamı)

	SHK-MD (300W)							VK-MD (300W)						
	r2	**K**	**n**	**A**	**B**	**c**	**d**	**r2**	**k**	**N**	**a**	**b**	**c**	**d**
Lewis	0,991	0,122						0,996	0,252					
Page	0,993							0,997	0,220	1,090				
Henderson and Pabis	0,991	0,123		1,003				0,996	0,255		1,010			
Logarithmic	0,999	0,077		1,181		-0,232		0,999	0,192		1,107		-0,130	
Two term	0,991			0,231	0,772	0,123	0,123	0,996			0,505	0,505	0,255	0,255
Wang & Singh	0,994			-0,091	0,002			0,996			-0,192	0,010		
Two term exp	0,994	0,152		1,584				0,998	0,310		1,563			
Parabolic	0,998			0,928	-0,077	0,002		0,998			0,950	-0,173	0,008	
Weibull	0,993			1,106	8,293			0,997			1,090	4,012		
	etüv-us							**vakum-us**						
Lewis	0,983	0,084						0,981	0,173					
Page	0,998	0,035	1,348					1,000	0,080	1,426				
Henderson and Pabis	0,989	0,093		1,091				0,990	0,194		1,118			
Logarithmic	1,000	0,046		1,494		-0,472		0,998	0,119		1,344		-0,282	
Two term	0,989			0,545	0,546	0,093	0,093	0,999			11,873	-10,871	0,337	0,365
Wang & Singh	1,000			-0,061	0,001			0,998			-0,127	0,004		
Two term exp	0,997	0,126		1,869				0,999	0,269		1,964			
Parabolic	1,000			1,012	-0,064	0,001		0,999			1,049	-0,142	0,005	
Weibull	0,998			1,348	11,948			1,000			1,426	5,904		

Tablo 3. 3 Yaban mersini

	SHK							VK						
	R^2	**K**	**n**	**A**	**b**	**c**	**d**	**R^2**	**k**	**n**	**a**	**b**	**c**	**d**
Lewis	0,984	0,025						0,960	0,156					
Page	0,996							1,000	0,040	1,735				
Henderson and Pabis	0,987	0,027		1,065				0,976	0,182		1,157			
Logarithmic	1,000	0,011		1,723		-0,735		0,996	0,065		2,008		-0,934	
Two term	0,987			0,539	0,526	0,027	0,027	0,998			68,520	-67,545	0,366	0,372
Wang & Singh	0,999			-0,019	0,000			0,993			-0,103	0,002		
Two term exp	0,984	8,897		0,003				0,996	0,267		2,123			
Parabolic	1,000			0,984	-0,018	0,000		0,996			1,077	-0,128	0,003	
Weibull	0,996			1,301	39,157			1,000			1,735	6,382		
	SHK-MD (100W)							**VK-MD (100W)**						
Lewis	0,977	0,027						0,978	0,184					
Page	0,987	0,010	1,265					0,988	0,110	1,297				
Henderson and Pabis	0,978	0,028		1,027				0,979	0,191		1,037			
Logarithmic	0,999	0,004		4,283		-3,350		0,998	0,051		2,279		-1,322	
Two term	0,978			0,515	0,512	0,028	0,028	0,979			0,519	0,518	0,191	0,191
Wang & Singh	0,996			-0,019	0,000			0,996			-0,130	0,004		
Two term exp	0,977	7,963		0,003				0,988	0,260		1,784			
Parabolic	0,999			0,933	-0,015	0,000		0,998			0,955	-0,113	0,002	
Weibull	0,998			1,059	21,357			0,988			1,297	5,490		

Tablo 3.3 Yaban mersini (devamı)

	SHK-MD (300W)							VK-MD (300W)						
	R^2	**K**	**n**	**A**	**B**	**c**	**d**	**R^2**	**k**	**n**	**a**	**b**	**c**	**d**
Lewis	0,927	0,051						0,994	0,318					
Page	0,960	0,128	0,702					0,994	0,308	1,026				
Henderson and Pabis	0,974	0,040		0,818				0,994	0,323		1,013			
Logarithmic	0,985	0,012		1,626		-0,869		0,994	0,279		1,059		-0,063	
Two term	0,974			0,335	0,482	0,040	0,040	0,994			0,536	0,477	0,323	0,323
Wang & Singh	0,895			-0,041	0,0005			0,988			-0,246	0,017		
Two term exp	0,955	0,357		0,124				0,994	0,353		1,363			
Parabolic	0,985			0,751	-0,019	0,0001		0,990			0,955	-0,223	0,014	
Weibull	0,960			0,702	18,767			0,994			1,026	3,150		
	SHK-US							**VK-US**						
Lewis	0,974	0,022						0,955	0,171					
Page	0,994	0,005	1,403					0,998	0,044	1,780				
Henderson and Pabis	0,981	0,025		1,072				0,971	0,198		1,149			
Logarithmic	0,999	0,002		9,003		-8,009		0,997	0,044		2,886		-1,829	
Two term	0,981			0,536	0,536	0,025	0,025	0,995			16,149	-15,182	0,392	0,423
Wang & Singh	0,999			-0,015	0,00001			0,995			-0,106	0,001		
Two term exp	0,974	10,437		0,002				0,993	0,293		2,119			
Parabolic	0,999			0,986	-0,014	0,000		0,997			1,059	-0,128	0,002	
Weibull	0,986			1,602	20,327			0,998			1,780	5,805		

Tablo 3. 4 Çilek

	SHK							VK						
	R^2	K	n	A	b	c	D	R^2	k	N	a	b	c	d
Lewis	0,974	0,212						0,982	0,499					
Page	0,996	0,100	1,480					0,998	0,361	1,434				
Henderson and Pabis	0,980	0,232		1,089				0,985	0,533		1,066			
Logarithmic	1,000	0,071		2,136		-1,127		0,999	0,238		1,620		-0,604	
Two term	0,995			15,192	-14,224	0,427	0,456	0,998			32,675	-31,683	0,992	1,020
Wang & Singh	1,000			-0,144	0,004			0,999			-0,355	0,028		
Two term exp	0,993	0,329		1,942				0,997	0,767		1,938			
Parabolic	1,000			1,008	-0,148	0,004		1,000			1,014	-0,368	0,030	
Weibull	0,996			1,480	4,754			0,998			1,434	2,037		
	SHK-MD (100W)							**VK-MD (100W)**						
Lewis	0,977	0,229						0,963	0,464					
Page	0,997	0,113	1,458					0,998	0,268	1,704				
Henderson and Pabis	0,983	0,250		1,090				0,973	0,517		1,112			
Logarithmic	0,999	0,103		1,691		-0,673		0,995	0,161		2,214		-1,163	
Two term	0,996			11,796	-10,823	0,449	0,488	0,997			12,752	-11,754	1,036	1,139
Wang & Singh	0,999			-0,161	0,005			0,994			-0,303	0,013		
Two term exp	0,976	86,829		0,003				0,996	0,799		2,144			
Parabolic	0,999			1,015	-0,167	0,006		0,996			1,053	-0,353	0,023	
Weibull	0,997			1,458	4,447			0,998			1,704	2,165		

Tablo 3. 4 Çilek (devamı)

	SHK-MD (300W)							VK-MD (300W)						
	R^2	**K**	**n**	**A**	**b**	**c**	**d**	**R^2**	**k**	**N**	**A**	**b**	**c**	**d**
Lewis	0,972	0,275						0,969	0,579					
Page	0,993	0,145	1,481					0,999	0,387	1,661				
Henderson and Pabis	0,978	0,301		1,090				0,976	0,629		1,090			
Logarithmic	0,999	0,088		2,220		-1,209		0,996	0,238		1,857		-0,820	
Two term	0,991			15,817	-14,832	0,548	0,581	0,976			0,541	0,549	0,629	0,629
Wang & Singh	0,999			-0,184	0,006			0,996			-0,392	0,030		
Two term exp	0,990	0,425		1,942				0,996	0,962		2,104			
Parabolic	0,999			1,009	-0,189	0,006		0,997			1,039	-0,434	0,039	
Weibull	0,993			1,481	3,678			0,999			1,661	1,770		
	SHK-US							**VK-US**						
Lewis	0,975	0,209						0,949	0,466					
Page	0,996	0,101	1,462					0,998	0,226	1,934				
Henderson and Pabis	0,983	0,231		1,099				0,963	0,530		1,139			
Logarithmic	0,999	0,083		1,923		-0,899		0,993	0,123		2,845		-1,776	
Two term	0,983			0,549	0,549	0,231	0,231	0,996			15,512	-14,516	1,122	1,226
Wang & Singh	0,999			-0,144	0,004			0,990			-0,284	0,006		
Two term exp	0,994	0,326		1,948				0,995	0,843		2,261			
Parabolic	0,999			1,021	-0,153	0,005		0,993			1,073	-0,352	0,019	
Weibull	0,996			1,462	4,802			0,998			1,934	2,158		

3.2 Biyoaktif Özellikler

3.2.1 Karadut

Tablo 3. 5 Karadut meyvesi biyoaktif bileşikler

Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	TFM (mg GAE/g KM)	ABTS (µmol TE/g KM)	DPPH (%)
HAD KONTROL	50	1311,14	473,26	475,77
HAD-MD (100W)	50	1346,19	580,05	485,14
HAD-MD (300W)	50	1421,32	681,22	535,09
HAD-US	50	1125,84	537,90	453,92
VD KONTROL	50	1346,19	532,28	597,53
VD-MD (100W)	50	1952,18	617,15	837,91
VD-MD (300W)	50	2047,34	706,52	953,42
VD-US	50	2102,43	937,53	1012,74
FD		2671,35	1324,79	1455,42
TAZE		1871,14	1341,65	1586,54

SHK yönteminde TFM 1125,84 ile 1421,32 mg GAE/g KM değerleri arasında tespit edilmiştir. VK yöntemi içinse 1346,19 ile 2102,43 değerleri arasında değişmiştir. VK-US en iyi TFM sonucunu gösterirken SHK'da en kötü sonucu ortaya çıkarmıştır. US ön işlemi VK için uygun bir ön işlem olarak kabul görülürken SHK'dan önce uygulanması doğru değildir. Başka araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda da US-VK uygulamasının TFM bakımından en iyi sonuçların elde edildiği veya US ön işleminin TFM üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir (Özay Ayrancıoğlu, ve diğerleri, 2021; Kayacan, ve diğerleri, 2020; Kroehnke, ve diğerleri, 2018; Tekin ÇAkmak & Baslar, 2018; Tekin, Başlar, Karasu, & Kılıçlı, 2017; Turkmen, Karasu, & Karadag, 2020).

Her iki yöntem ile kurutmada da mikrodalganın gücü arttıkça TFM miktarında da artış gözlemlenmiştir. Bunun en temel sebebi mikrodalga gücünün arttıkça kuruma süresinin kısalması ile ilişkilendirilebilir. En yüksek TFM miktarına ise 2671,35 değeri ile dondurarak

kurutmada ulaşılmıştır. Bunun en temel sebebi ise dondurarak kurutma işleminde meyvenin en az sıcaklığa maruz kalarak ve en az zararı görerek kurutma işlemini tamamlanmasıdır. Kırmızı pancarda yapılan MD ön işlemli kurutma çalışmasında da TFM miktarında bizim çalışmamızla uyumlu olarak artış gözlemlenmiştir (Er & Akbulut, 2011). Bir diğer çalışmada kayısı meyvesinin MD ön işlemi uyguladıklarında aynı şekilde TFM miktarında artış gözlemlemişlerdir (Horuz, Bozkurt, Karataş, & Maskan, 2018). MD gücünün portakal ve limon kabuğunun kurutulmasındaki etkisinin araştırıldığı Uysal (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da güç arttıkça TFM miktarının arttığı ve bu artışın temel sebebinin güçteki artışla birlikte ayrılma reaksiyonlarının hızlanması olarak belirtilmiştir.

Taze örneğin içeriğinde TFM miktarı 1871,14 bulunmuş olup SHK yönteminde tüm kurutma koşullarında daha düşük TFM tespit edilmiştir. Bu durumda hangi ön işlem uygulanırsa uygulansın sıcak hava kurutma yöntemi karadut meyvesinin kurutulmasında yüksek fenolik içeriği isteniyorsa tercih edilmemelidir. SHK yönteminde süre uzun olduğu için fenolik madde miktarında düşüş olması kaçınılmazdır. Literatürde bulunan diğer çalışmalarda da SHK yönteminin TFM miktarında düşüşe sebep olduğu bildirilmiştir (Özay Ayrancıoğlu, ve diğerleri, 2021; Bchir, ve diğerleri, 2012; Süfer & Palazoğlu, 2019). VK değerleri ise taze örnekle karşılaştırıldığında ön işlem uygulanmış bütün örnekler TFM miktarı bakımından daha yüksektir. TFM miktarı açısından daha kaliteli bir son ürün elde edilmek istenirse ön işlem uygulanmış VK ya da dondurarak kurutma yöntemi tercih edilmelidir. SHK-US kontrol örneğine göre daha düşük TFM miktarı eldesi ile sonuçlanmıştır. SHK-US kontrol örneğine göre daha düşük TFM miktarı eldesiyle sonuçlanmıştır. Antioksidan kapasitesinin ölçümünde yöntem olarak ABTS kullanıldığında SHK yönteminde en yüksek değere SHK-MD (300W)'da, en düşük değere de kontrol örneğinde rastlanmıştır. Aynı antioksidan ölçüm metodunda VK örneklerinde en yüksek değere VK-US'de, en düşük değere kontrol örneğinde ulaşılmıştır. Bu değerler göz önüne alındığında antioksidan kapasitesinin her iki yöntemde de en düşük değerinin kontrol örneklerinde olduğu dikkat çekmektedir. Antioksidan kapasitesinin yüksek ve daha kaliteli son ürün elde edilmesi istenildiğinde ön işlem uygulanması kaçınılmazdır. Elde edilen bu sonuçların en temel sebebi ise TFM ve antioksidan özellik taşıyan fenolik maddelerin korunumunun artmasıyla açıklanabilir.

SHK yönteminde MD, US'ye göre antioksidan kapasitesi sonucunda daha iyi bir korunum sağlamıştır ve mikrodalganın gücü ne kadar artarsa antioksidan kapasitesinin korunumu da o kadar çok olmuştur. Aynı karşılaştırma VK için yapıldığında US'nin MD'ye göre çok daha iyi

bir antioksidan korunumu ile sonuçlandığı fark edilmektedir. Mikrodalga gücünün artması SHK yönteminde olduğu gibi VK yönteminde de korunum açısından daha etkili olmasını sağlamıştır. TFM miktarında olduğu gibi en iyi sonuç DK yönteminde elde edilmiştir ve ABTS modelinde antioksidan kapasitesi tazeye en yakın çıkan sonuç DK yöntemine aittir.

DPPH metoduna göre SHK yönteminde en yüksek sonuç MD-300 W'lık örnekte, en düşük sonuçta US ön işleminin uygulandığı numunedir. VK'da ise en yüksek sonucu ultrases ön işlemi uygulanmış numunede en düşük değeri ise ön işlem uygulanmamış kontrol örneğinde gözlemlemekteyiz. taflan meyvesinde ve Trabzon hurması kurutma çalışmalarında DPPH metodu kullanılarak antioksidan kapasitesi ölçüldüğünde bizim elde ettiğimiz gibi en yüksek değerin US ön işlemi uygulanmış VK'da elde edildiği bildirilmiştir (Özay Ayrancıoğlu, ve diğerleri, 2021; Turkmen, Karasu, & Karadag, 2020; Kayacan, ve diğerleri, 2020). Taze örneğin antioksidan kapasitesi 1586,54 çıkmış, Buna en yakın değer ise dondurarak kurutmada 1455,42 değeri ile elde edilmiştir.

DPPH değerleri göz önüne alındığında en yüksek ve en düşük değerlerin TFM miktarının en yüksek ve en düşük değerleri ile uyumlu bir şekilde gözlemlendiği fark edilmektedir. TFM miktarının yüksek olduğu örneklerde antioksidan kapasitesinin de yüksek, TFM miktarının düşük olduğu örneklerde antioksidan kapasitesinin de düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Tüm bu değerler göz önüne alındığında karadut meyvesinin antioksidan kapasitesini sağlayan maddelerin fenolik maddelerden kaynaklandığı ve TFM miktarı ne kadar korunursa antioksidan kapasitesinin o kadar yüksek olduğu sonucuna varılabilir.

ABTS metodundaki SHK yöntemindeki değerler ise kurutma süreleri ile ters orantılı olacak şekilde uyumludur. Kurutma süresinin en yüksek olduğu kontrol örneğinde en düşük antioksidan kapasitesi tespit edilmiş en kısa sürede gerçekleşen MD-300 W'lık ön işlem uygulanmış numunede ise en yüksek antioksidan kapasitesi sonucu elde edilmiştir. Bu değerler göz önüne alındığında SHK yönteminde uygulanan sıcaklığın ne kadar kısa süre uygulanırsa antioksidan özelliği kazandıran fenolik maddelerin zarar görme oranının da o kadar azaldığı söylenebilir.

SHK yönteminde kurutma süresi arttıkça ABTS değerlerindeki düşüş orantılı olmuştur. TFM miktarları göz önüne alındığında ise ön işlem uygulanmamış kontrol numunesini TFM miktarı ultrases ön işlemi uygulanmış numunenin TFM miktarına göre çok daha yüksek olmasına rağmen ABTS metodu ile ölçülen antioksidan kapasitesinde daha düşük sonuç elde edilmiştir.

Bu durum TFM miktarını antioksidan kapasitesine göre sıcaklığın uygulanma süresinden daha az etkilenmesiyle açıklanabilir. Aynı şekilde antioksidan özelliği kazandıran bileşiklerin diğer toplam fenolik bileşiklerine göre sıcaklıktan daha hızlı etkilendiği sonucuna ulaşmamızı sağlayabilir. ABTS ve DPPH metotlarında farklı sonuçlar elde edilmesini gerçekleştirilen çalışmalarda ürünün farklı radikallere verdiği tepkilerin aynı olmamasıyla açıklanmıştır (Adetoro, Opara, & Fawole, 2020).

VK yönteminin antioksidan kapasitesi değerleri göze alındığında her iki ölçüm metodunda da elde edilen değerler TFM miktarları ile doğru orantılıdır. US uygulaması MD uygulamasına göre her iki kurutma metodunda da daha iyi antioksidan kapasitesi değeri ile sonuçlanmıştır ve MD ön işlemiyle elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde mikrodalga gücünün artması ile antioksidan kapasitesinin korunması arasında doğru orantı vardır.

SHK yönteminde TFM miktarı ve antioksidan kapasiteleri göz önüne alındığında etki eden mekanizmanın kurutma süresi olduğu, VK'da ise bu değerler göz önüne alındığında süreden çok fenolik maddelerin ve antioksidan özellikteki bileşiklerin korunumu üzerinden etki ettiği sonucuna ulaşılabilir. Her 3 değerde göz önüne alındığında taze örneği en yakın sonuçların dondurularak kurutmada elde edildiği ama maliyet açısından ikinci bir yöntem arayışında olunduğunda ise en iyi sonucu ultra ses ön işleme uygulanmış VK yöntemi olduğu söylenebilir.

3.2.2 Yaban Mersini

Tablo 3. 6 Yaban mersini meyvesi biyoaktif bileşikler

	Sıcaklık (℃)	TFM (gGAE/100g KM)	ABTS (µmol TE/g KM)	DPPH (%)
HAD KONTROL	50	535,24	90,55	105,89
HAD-MD (100W)	50	340,76	107,41	5,99
HAD-MD (300W)	50	250,01	97,29	23,48
HAD-US	50		147,88	10,99
VD KONTROL	50	880,13	230,50	140,86
VD-MD (100W)	50	683,31	206,90	78,42
VD-MD (300W)	50	466,79	248,21	33,47
VD-US	50	812,52	194,25	63,44
FD	-80	704,35	297,11	258,24
TAZE		722,38	305,54	338,16

Yaban mersini kurutulmasında SHK yöntemi uygulandığında kuruma süresi 2700 dakika ile 4.380 dakika arasında değişmektedir. Ultrases ön işlemi kontrol örneğine göre kuruma süresini

uzatmıştır. MD-100 W uygulandığında süreyi arttırmış, MD-300 W uygulandığında ise önemli derecede kuruma süresini kısaltılmıştır. 2020 yılında mandalinada yapılan kurutma çalışmasında gözlemlenmiştir (Kaplan, Taşova, & Gülse Bal, 2020). Mandalinanın kuruma süresinin artma sebebini ise meyvede oluşan basınç farkının kabuk-meyve eti ayrılmasında etkili olmasıyla açıklanmıştır. VK yönteminde ise en uzun kurutma süresi ön işlem uygulanmamış kontrol numunesinde iken en kısa sürede tamamlanan numune kurutma koşulu MD-300 W ön işleminin uygulandığı numunedir. VK yönteminde süre bakımından bakıldığında MD-100 W ön işlemiyle ultrases ön işlemini etkisi eşittir. Genel olarak SHK yöntemi ile VK yöntemi arasında yaklaşık olarak 6-7 katlık bir süre farkı vardır. Bu veriler göz önüne alındığında VK yaban mersini kurutması için oldukça elverişli bir yöntem olarak kabul edilebilir. Benzer sonuçlara nar meyvesinde yapılan kurutma çalışmalarında ulaşılmıştır. Nar tanelerinde en uzun kurutma SHK, en kısa kurutma US-VK örnekleminde gerçekleşmiştir (Özay Ayrancıoğlu, ve diğerleri, 2021). İki çalışmada da elde edilen bu veriler SHK yönteminde kurumanın dış yüzeyden başlayarak gerçekleşmesi ve dış yüzeydeki sertleşme sonucunda geçirgenliğin azalmasıyla açıklanabilir (Allahdad, Nasiri, Varidi, & Varidi, 2018; Kek, Chin, & Yusof, 2013; Motevali, Minaee, Khoshtaghaza, Kazemi, & Nikbakht, 2010).

Toplam fenolik madde miktarları göz önüne alındığında SHK yönteminde 340,76 ile 666,79 değerleri arasında, VK yönteminde ise 250,01 ile 880,13 arasında değişmektedir. Genel olarak kurutma işlemi TFM değerinde düşüşe sebep olmuştur. Sadece ön işlem uygulanmamış vakum kontrol örneği ve VK-US gerçekleştirilen numunede fenolik madde miktarı artışı yaşanmıştır. VK-US'de gözlemlenen bu artış literatürde yapılmış olan diğer çalışmalarla uyumludur (Özay Ayrancıoğlu, ve diğerleri, 2021; Kayacan, ve diğerleri, 2020; Kroehnke, ve diğerleri, 2018; Tekin ÇAkmak & Baslar, 2018; Tekin, Başlar, Karasu, & Kılıçlı, 2017; Turkmen, Karasu, & Karadag, 2020). SHK yönteminde MD-300 W ön işlemi uygulanması kontrol numunesine göre daha yüksek toplam fenerik madde içeriği ile sonuçlansa da MD-100 W ön işlemi uygulanan numunede TFM miktarında kayda değer bir düşüş yaşanmıştır. Buna karşılık VK'da MD-100 W ön işlemi MD-300 W ön işlemi uygulanmasına göre çok daha iyi sonuç vermiştir.

VK-US dışında diğer ön işlemler vakum kontrol örneğine göre daha düşük sonuçlar göstermiştir. Bu durum göz önüne alındığında VK öncesi mikrodalga ön işlemi uygulanması yaban mersini kurutulması için elverişli değildir. Kurutma süresi ve toplam fenolik madde miktarları göz önüne alındığında 300 wattlık mikrodalga ön işlemi uygulanmış ya da hiçbir ön işlem uygulanmamış VK'nın en elverişli seçenekler olduğu söylenebilir. US ön işleminin

kurutma süresinin üzerinde olumlu etkisi başka çalışmalarla da desteklenebilmektedir (Başlar, Kiliçli, Toker, Sagdic, & Arici, 2014; Goztepe, ve diğerleri, 2022; Tekin ÇAkmak & Baslar, 2018; Tekin, Başlar, Karasu, & Kılıçlı, 2017).

Antioksidan kapasitelerinin ölçülmesinde kullanılan ABTS metodunun sonuçları değerlendirildiğinde SHK değerleri 90.55 ile 147.88 arasında, VK yönteminde ise 194.25 ile 248.21 arasında değişmektedir. Taze örneğin sahip olduğu antioksidan kapasitesi 305.54'tür. En yakın değer ise 297.11 ile doldurarak kurutmada elde edilmiştir. Her iki kurutma koşulunda da uygulanan her ön işlemde dahil olmak üzere bütün numunelerin antioksidan kapasitelerinde düşüş gözlemlenmiştir. VK yönteminde ortamdaki oksijenin vakumlanması ve daha kısa sürede kurumanın tamamlanması biyoaktif bileşenlerin korunmasında daha iyi sonuçlar elde edilmesinde etkili olmaktadır. Tunus patlıcanında yapılan çalışmada da bu verilerimiz desteklenmektedir (Chouaibi, Snoussi, Attouchi, & Ferrari, 2021). Bir diğer üzümsü meyve olan gojiberryde yapılan kurutma çalışmasında araştırmacılar da bizimle uyumlu sonuçlar elde etmiştir (Turan, ve diğerleri, 2023). Taze örneğe en yakın değerlerin elde edilmesi ise DK yönteminde olmaktadır. Ahududu ve yaban mersini gibi üzümsü meyvelerde yapılmış olan çalışmalar da DK yönteminin en iyi sonuçları elde etmek için uygun bir kurutma yöntemi olduğunu göstermiştir (Chen, ve diğerleri, 2019; Goztepe, ve diğerleri, 2022; Gölükcü, 2015; Kidoń & Grabowska, 2021; Turkmen, Karasu, & Karadag, 2020).

3.2.3 Çilek

Tablo 3. 7 Çilek meyvesi biyoaktif bileşikler

	Sıcaklık (°C)	Kurutma Süresi (dk)	TFM (mg GAE/g KM)	ABTS (µmol TE/g KM)	DPPH (%)
HAD KONTROL	50	525	1816,56	383,44	250,25
HAD-MD (100W)	50	525	820,94	455,95	326,42
HAD-MD (300W)	50	420	842,97	285,98	181,57
HAD-US	50	525	1928,34	582,75	310,19
VD KONTROL	50	240	772,86	375,01	237,76
VD-MD (100W)	50	240	748,82	267,09	216,53
VD-MD (300W)	50	210	516,44	207,29	162,84
VD-US	50	240	1121,43	469,44	365,13
FD	-80	4320	1327,76	538,91	249,00
TAZE			11,62	682,07	271,48

SHK yöntemi ile kurutulduğunda kuruma süresi 420 dakika ile 525 dakika arasında değişmiştir. VK yöntemi kullanıldığında ise kuruma süresi 210 ile 240 dakika arasındadır. VK yönteminin SHK yöntemine göre daha kısa sürede kurutulmasında etkili olduğu literatürde bulunan birçok farklı çalışmayla da desteklenmiştir (Özay Ayrancıoğlu, ve diğerleri, 2021; Chen, ve diğerleri, 2020; Goztepe, ve diğerleri, 2022; Kesavan, Rayaguru, & Nayak, 2020; Turkmen, Karasu, & Karadag, 2020). Kontrol örnekleri ve MD-100 W ve US ön işlemi uygulanmış örnekleri arasında kurutma süresi bakımından bir fark gözlemlenmemiştir. MD-300 W ön işleminin uygulandığı örneklerde ise çok az da olsa sürelerde azalma tespit edilmiştir.

TFM miktarı açısından değerlendirildiğinde SHK yönteminde en yüksek fenolik madde içeriğinin 1816,56 değeriyle kontrol örneğinde, 820. 94 değeriyle en düşük MD-100 W ön işleminin uygulandığı örnekte gözlemlenmiştir. Aynı değerler VK yönteminde ele alındığında en düşük değerin MD-300 W ön işlemi uygulanan numunede en yüksek değerin ise US ön işlemi uygulanan örnekte olduğu fark edilmektedir.

Antioksidan kapasitesi ABTS ve DPPH metoduna göre yapılmıştır. ABTS metodunda SHK yöntemi için en düşük değer 285.98 ile MD-300 W ön işleme uygulanan örnekte, en yüksek değer 582.75 ile US ön işlemi uygulanan örnekte tespit edilmiştir.

ABTS metodunun VK yöntemindeki değerleri göz önüne alındığında SHK yöntemindeki değerlerle benzerdir. En düşük antioksidan kapasitesi 207.29 ile MD-300 W ön işleminin uygulandığı, en yüksek antioksidan kapasitesi ise 469.44 değeri ile US ön işleminin uygulandığı örnektir. VK'da TFM en düşük ve en yüksek olduğu örnekler ABTS metodundaki en düşük ve en yüksek antioksidan kapasitesini elde edildiği örneklerle aynıdır.

MD-300 W ön işleminin uygulandığı VK numunesinde daha kısa sürede kurutma tamamlanmış olsa da antioksidan kapasitesi ve TFM içeriği daha düşüktür. Buna karşılık ultrases ön işleminin uygulandığı örneklerde kurutma süresi daha uzun olup TFM miktarı ve antioksidan kapasitesi daha yüksektir. Bunun en temel sebebinin mikrodalga ön işleminde ön kurutma yapılması; ultrases ön işleminde ise meyvenin zarına etki ederek süreyi kısaltmasını sağlaması değil kurutmanın kolaylaşmasının sağlamasıdır.

DPPH metodunda elde edilen veriler ise ABTS metodunda elde edilen veriler ile orantılı şekilde olup en uygun çilek kurutma yönteminin ultrases ön işlemi uygulanmış VK olduğunu doğrulamaktadır. Çilekte kurutma süreleri, TFM miktarları ve antioksidan kapasiteleri göz önüne alındığında en yüksek fenolik içeriği, en kısa kurutma süresi ve en yüksek antioksidan

kapasitesi ile en kaliteli son ürün elde edilmesi isteniyorsa ultrases ön işlemi uygulanmış VK ile kurutulmalıdır.

3.3 Renk Özellikleri

3.3.1 Karadut

Tablo 3. 8 Karadut meyvesi renk parametreleri

Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*	ΔE	C
HAD KONTROL	50	29,46±0,93	4,71±0,19	-4,05±0,32		6,2118
HAD-MD (100W)	50	28,31±0,87	3,77±0,05	-4,34±0,54	1,5133	5,7488
HAD-MD (300W)	50	30,16±0,37	4,40±0,09	-3,35±0,14	1,0374	5,5301
HAD-US	50	20,74±0,33	2,35±0,28	-0,58±0,10	9,6772	2,4205
VD KONTROL	50	29,99±0,27	4,46±0,22	-3,48±0,05		5,657
VD-MD (100W)	50	27,00±0,28	4,05±0,26	-5,06±0,03	2,3674	6,4812
VD-MD (300W)	50	28,79±0,78	3,87±0,18	-4,52±0,26	1,694	5,9504
VD-US	50	26,76±0,30	3,98±0,25	-4,38±0,07	3,3872	5,9182
FD						
TAZE						

Karadut meyvesinin L* değerleri SHK yönteminde 20,74-30,16 arasında değişirken VK için 26,76-29,99 aralığında bulunmaktadır. US-SHK'da kontrol örneğine göre oldukça önemli bir düşüş yaşanmıştır. Daha kısa sürede kuruma işlemi tamamlanmış olsa da renk değerleri bakımından en düşük sonucu ortaya çıkarmıştır. MD öne işlemi ise 100 W'lık ön işlem uygulamasının L* değerinde düşüşe sebep olurken 300 W'lık uygulamada artış yaşanmıştır. Ön işlem uygulanan VK'da SHK'da gözlemlenen durumlar gözlemlenmiştir. Asma yaprağında yapılan çalışmada da çalışmamızla benzer şekilde MD ön işlem uygulamasında mikrodalga gücündeki artış daha iyi renk korunumuyla sonuçlanmıştır (Alibaş, 2012). Domateste ve vişnede gerçekleştirilen kurutma çalışmalarında ise renk korunumunda MD ön işlemi için kritik değerlerinin olduğu bu değerlerin dışına çıkıldığında renk parametrelerinde düşüş yapıldığı gözlemlenmiştir (Çelen & Kahveci, 2013; Wojdyło, Figiel, Lech, & Nowicka, 2014). Bizim çalışmamızda da 100W uygulamanın renk korunumu için etkisinin yetersiz kalırken 300 W

uygulamanın yeterli derecede olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Karadut için uygulanacak MD kritik limitlerinin belirlenmesi gelecekte yapılacak çalışmalar için yol gösterici olabilir.

Kırmızılığın belirleyicisi olarak a* değeri de karadut için önemli bir parametredir. Çünkü kırmızı rengini içeriğindeki antosiyanin merkezli fenolik bileşiklerden almaktadır. Yaptığımız çalışmada karadutun a* değerlei SHK yönteminde 4,71 ile 2,35 arasında, VK yönteminde 3,87 ile 4,46 değerleri arasında değişmektedir. SHK yönteminde a* değerlerinde düşüş miktarları L* değerlerindekiyle uyumlu şekilde ilerlemiştir. SHK yönteminde en yüksek a* değerine ön işlem uygulanmayan kontrol denemesinde, en düşüğüne US ön işlemi uygulanmış örnekte bulunmuştur. VK yöntemi için ise kontrol örneği en yüksek a* değerine sahipken en düşük MD-300 W örneğinde gözlemlenmiştir. VK'da SHK'nın aksine MD gücü arttıkça a* değerinde azalma meydana gelmiştir. Her iki kurutma yönteminde US ön işlemi uygulandığında a* renk parametresinde gözlemlenen düşüş Fijakowska ve ark. (2016) tarafından elmada yapılan kurutma çalışmasında da gözlemlenmiştir.

ΔE ile gösterilen renk değişim miktarları ise SHK ve VK yöntemlerinin ikisi için de US ön işlemi uygulandığında artmıştır. Tüm artışlar ve azalışlar göz önüne alındığında US ön işlemi daha kısa sürede kuruma imkanı sağlasa da karadut meyvesi için renk korunumu açısından ilk tercih edilecek yöntemlerden değildir. ΔE değerlerinin genel olarak SHK'da daha yüksek elde edilmiş olması kuşburnunda yapılan kurutma çalışmasında elde edilen sonuçlarla bu konuda uyumluluk göstermektedir (Goztepe, ve diğerleri, 2022).

3.3.2 Yaban Mersini

Tablo 3. 9 Yaban mersini meyvesi renk parametreleri

Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*	ΔE	C
HAD KONTROL	50	35,49±0,37	3,89±0,17	3,30±0,14		5,1012
HAD-MD (100W)	50	35,18±0,09	3,91±0,16	3,44±0,24	0,9905	5,2078
HAD-MD (300W)	50	26,54±0,67	3,09±0,21	1,61±0,03	9,1432	3,4843
HAD-US	50	36,02±0,11	3,88±0,12	3,22±0,13	0,5361	5,0421
VD KONTROL	50	31,65±0,41	2,91±0,58	4,12±0,34		5,0441
VD-MD (100W)	50	32,79±0,20	3,23±0,18	4,19±0,13	1,1842	5,2905
VD-MD (300W)	50	30,85±1,12	4,35±0,31	3,57±0,17	1,7367	5,6274
VD-US	50	31,59±0,44	3,07±0,23	4,16±0,14	0,1755	5,1702
FD						
TAZE						

Yaban mersini meyvesinin SHK ve VK ile kurutulmasında ön işlem uygulanması durumunda elde edilen renk değerleri Tabloda verilmiştir. SHK yönteminde L* değerleri 26,54-36,02 aralığında ve a* değerleri 3,09-3,91 aralığında değişmiştir. VK yönteminde ise L* değerleri30,85-32,79 aralığında, a* değerleri 2,91-4,35 aralığında değişmiştir. L* değerleri göz önüne alındığında MD ön işleminde güç arttıkça düşüş gözlemlenmiştir. SHK yönteminde MD-100 W US'e göre daha iyi parlaklık korunumuyla sonuçlanmıştır. VK'da da aynı şekilde MD gücü arttıkça L* değerindeki korunum azalmıştır. SHK yönteminde US ön işleminin korunumda diğer koşullara göre daha etkili olduğu görülmektedir. VK yönteminde ise US ön işlemi MD-300W 'a göre daha iyi sonuç gösterirken MD-100 W uygulamasının VK için en uygun yöntem olduğu da fark edilmektedir. Kırmızılığı belirten a* değerleri değerlendirilecek olursa en yükse a* değerine VD-MD (300 W) örneğinde ulaşılmıştır. Bunun aksine en düşük değer de aynı şekilde VK'da ön işlem uygulanmayan kontrol örneğindedir.

Gerçekleşmiş olan toplam renk değişim miktarları karşılaştırıldığında US ön işleminin ΔE değerlerindeki düşüklük göze çarpmaktadır. Bu değerlere göre US ön işlemi uygulandığında renk daha iyi korunmuştur sonucuna ulaşılabilir. US ön işleminin renk korunumundaki olumlu etkisi Mantarda, kavunda, ayvada, sarımsakta, elmada yapılan çalışmalarda da kanıtlanmıştır (Chen, ve diğerleri, 2020; Çakmak, Tekeoğlu, Bozkır, Ergün, & Baysal, 2016; da Silva, ve diğerleri, 2016; Kesavan, Rayaguru, & Nayak, 2020; Yıldız & İzli, 2019).

3.3.3 Çilek

Tablo 3. 10 Çilek meyvesi renk parametreleri

Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*	ΔE	C
HAD KONTROL	50	50,43±0,51	19,91±0,79	17,42±1,22		26,455
HAD-MD (100W)	50	51,14±0,93	19,02±0,46	17,37±1,34	1,1396	25,7581
HAD-MD (300W)	50	50,94±2,37	20,08±3,39	14,11±2,71	3,3534	24,5418
HAD-US	50	56,12±0,15	18,65±0,52	20,89±0,75	6,7827	28,0038
VD KONTROL	50	38,15±0,68	18,62±0,40	10,63±0,48		21,4406
VD-MD (100W)	50	40,21±0,12	22,53±1,82	11,81±1,07	4,5743	25,4377
VD-MD (300W)	50	40,33±0,69	13,27±1,20	8,34±0,21	6,2144	15,6722
VD-US	50	50,50±0,38	18,21±1,75	18,12±1,15	14,4496	25,6893
FD		59,07±0,88	33,77±0,40	14,52±0,05		36,7593
TAZE		55,31±1,55	21,37±1,01	15,51±0,84		26,4352

Çilekte SHK yöntemi için L* parlaklık değerleri 50,43-56,12 arasında, a* kırmızılık değeri ise 18,65-20,08 arasında değişmiştir. VK yöntemi için L* ve a* değerleri sırasıyla 38,15-50,50 ile 13,27-22,53 aralığında elde edilmiştir. Genel anlamda SHK yöntemi VK yöntemine göre daha yüksek L* ve a* değerlerine sahiptir. Aynı şekilde toplam renk değişimleri hakkında bilgi edinmemiz sağlayan ΔE değerleri SHK için 1,1396-6,7827 aralığında değişirken VK için 4,5743-14,4496 aralığında değişim göstermiştir. Tüm bu parametreler göz önüne alındığında renk parametreleri bakımından SHK yöntemi VK yöntemine göre çilek için daha uygun bir kurutma yöntemidir. MD gücünün artması SHK için L* değerinde düşüşe sebep olurken a* değerinde artışla sonuçlanmıştır. VK yönteminde MD gücünün artması L* değeri üzerinde çok büyük bir etki yaratmasa da a* değeri üzerinde önemli derecede bir düşüşe sebep olmuştur. Bunun temel sebebi MD gücünün arttıkça meyvenin yapısında oluşturduğu zararın artmasıyla açıklanabilir. US ön işlemlerinin uygulanması her iki kurutuma yöntemi için de L* değerinde diğer kurutma örneklerine göre oldukça yüksek değerlerin elde edilmesini sağlamıştır. Bu durum ise US uygulamasının kurutma gerçekleştirmekten çok mikroyapısını değiştirmesinden kaynaklanıyor olabilir. US ön işleminin yarattığı bu etkiyi domateste yapılan kurutma çalışmasının verileri de desteklemektedir (Horuz, Bozkurt, Karataş, & Maskan, 2018).

4

SONUÇ

Meyvelerin uzun süreli korunumunun sağlanması ve üzümsü meyveler gibi biyoaktif bileşikçe zengin ama mevsimsel yetişen meyvelerin her mevsim tüketilebilir hale gelmesi amacıyla geçmişten günümüze çok farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerin en başında ise kurutma gelmektedir. Bu çalışmada sıcak hava ile kurutmaya alternatif kurutma yöntemleri ve ön işlemleri araştırılmıştır.

Sıcak hava ve vakum kurutma yöntemleriyle kurutulan karadut, yaban mersini ve çilek meyvelerinde en kısa sürede kuruma işleminin tamamlandığı metot 300W mikrodalga ön işlemi uygulanmış vakum kurutma metodudur. Kurutma yöntemleri kuruma süreleri açısından en uzun süreden en kısa süreye doğru "dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma ve vakum kurutma" şeklinde sıralanır. Ön işlemlerinin kuruma sürelerini kısaltma etkileri bakımından en etkili ön işlem 300 W mikrodalga uygulaması, en etkisiz kalan ön işlem ise 100 W mikrodalga uygulaması olmuştur.

Toplam fenolik madde içeriği bakımından ve antioksidan kapasitesi bakımından en iyi kurutma yöntemi üç meyve içinde dondurarak kurutma yöntemi olmuştur. Dondurarak kurutma işleminden sonra biyoaktif bileşenlerin korunumu açısından en iyi seçenek karadut için ultrases ön işlemi uygulanmış vakum kurutma, yaban mersini için ön işlem uygulanmamış vakum kurutma ve çilek için ise ultrases ön işlemi uygulanmış sıcak hava ile kurutma yöntemi gelmiştir. Her meyve için dondurarak kurutmadan sonra gelen en iyi yöntemin farklılık göstermesi meyveler arasındaki farklı yapı ve şekilden kaynaklanmaktadır. Bu farklılık üzümsü meyvelerde gelecekte yapılacak olan çalışmalar için önemlidir.

Karadut ve yaban mersini meyveleri için toplam fenolik korunumu ve antioksidan kapasiteleri bakımından en iyi kurutma yöntemi dondurarak kurutma yöntemidir. Yüksek maliyet ve uzun süren kuruma işlemi sebebiyle alternatif bir yöntem kullanılmak istenildiğinde vakum kurutmanın sıcak hava ile kurutmaya göre iki parametre açısından da daha iyi sonuçlar verdiği unutulmamalıdır. Çilek meyvesinde ise dondurarak kurutmaya alternatif bir yol aranıyorsa

yüksek fenolik içeriği istenildiğinde sıcak hava ile kurutma yöntemi, daha yüksek antioksidan kapasite istenildiğinde vakum kurutma tercih edilmelidir.

KAYNAKÇA

Adetoro, O. A., Opara, L. U., & Fawole, A. O. (2020). Effect of Hot-Air and Freeze-Drying on the Quality. Agriculture, 493.

Akoy, E. O., & Hoersten, D. v. (2015). Microwave Drying of Mango Slices at Controlled Temperatures. International Journal of Innovation and Applied Studies, 2028-9324.

Aksoy, A., & Karasu, S. (2019). Farklı kurutma yöntemlerinin kıymanın kurutma kinetiği, mikroyapısı, rengi ve rehidrasyon oranı üzerine etkisi . Yıldız Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, 1-115.

Alibaş, İ. (2012). Asma yaprağının (Vitis vinifera L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 43-53.

Allahdad, Z., Nasiri, M., Varidi, M., & Varidi, M. J. (2018). Effect of sonication on osmotic dehydration and subsequent air-drying of pomegranate arils. Journal of Food Engineering, 202-211.

Anttonen, M. J., & Karjalainen, R. O. (2005). Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. Journal of Food Composition and Analysis, 759-769.

Askin, B., Tağı, Ş., & Küçüköner, E. (2022). İşleme ve Isıl İşlem Sürecinde Karadut (Morus nigra) Suyunun Antimikrobiyal Aktivitesi, Fizikokimyasal Özellikleri ve Organik Asit Dağılımında Meydana Gelen Değişimler. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 1414-1422.

Balcı, N. (2015). Yaban mersini meyvesinden (Vaccinium arctostapylous L.) glutatyon s-transferaz enziminin saflaştırılması, karakterizasyonu ve kinetik özelliklerinin incelenmesi. Atatürk Üniversitesi, Doktora Tezi, 1-143.

Basu, A., Betts, N., Nguyen, A., Newman, E. D., Fu, D., & Lyons, T. J. (2014). Freeze-Dried Strawberries Lower Serum Cholesterol and Lipid Peroxidation in Adults with Abdominal Adiposity and Elevated Serum Lipids. Journal of Nutrition, 830-937.

Başlar, M., Kiliçli, M., Toker, Ö. S., Sagdic, O., & Arici, M. (2014). Ultrasonic vacuum drying technique as a novel process for shortening the drying period for beef and chicken meats. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 182-190.

Bchir, B., Besbes, S., Karoui, R., Attia, H., Paquot, M., & Blecker, C. (2012). Effect of Air-Drying Conditions on Physico-chemicalProperties of Osmotically Pre-treated Pomegranate Seeds. Food Bioprocess Technol, 1840-1852.

Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M., & Bertelli, D. (2006). Polyphenols, Anthocyanins, Ascorbic Acid, and Radical Scavenging Activity of Rubus, Ribes, and Aronia. Journal of Food Science, 164-169.

Boranbayeva, T. T., Karadeniz, F., & Yılmaz, E. (2014). Effect of Storage on Anthocyanin Degradation in Black Mulberry Juice and Concentrates. Food and Bioprocess Technology, 1894-1902.

Borowska, J., & Szajdek, A. (2003). Antioxidant activity of berry fruits and beverages. Polish Journal of Natural Sciences, 521-528.

Bölek, S. (2020). Vakum Kurutucu ve Akışkan Yatak Kurutucu Kullanılarak Kurutulmuş Avokadoların Kuruma . Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 814-822.

Budiman, A., Aulifa, D. L., Kusuma, A., & Sulastri, A. (2017). Antibacterial and Antioxidant Activity of Black Mulberry (Morus nigra L.) Extract for Acne Treatment. Pharmacognosy Journal, 611-614.

Chen, D., Xing, B., Yi, H., Li, Y., Zheng, B., Younis, A., & Shao, Q. (2019). Effects of different drying methods on appearance, microstructure, bioactive compounds and aroma compounds of saffron (Crocus sativus L.). LWT, 108913.

Chen, H., Pu, J., Liu, D., Yu, W., Shao, Y., Yang, G., He, N. (2016). Anti-Inflammatory and Antinociceptive Properties of Flavonoids from the Fruits of Black Mulberry (Morus nigra L.). PLoS ONE, 1-14.

Chen, Y., Li, M., Dharmasiri, T. S., Song, X., Liu, F., & Wang, X. (2020). Novel ultrasonic-assisted vacuum drying technique for dehydrating garlic slices and predicting the quality properties by low field nuclear magnetic resonance. Food Chemistry, 125625.

Chouaibi, M., Snoussi, A., Attouchi, S., & Ferrari, G. (2021). Influence of drying processes on bioactive compounds profiles, HMF, color parameters and antioxidant activities of Tunisian eggplant (Solanum melongena L.). Journal of Food Processing and Preservation, e15460.

Connor, A. M., Luby, J. J., Hancock, J. F., Berkheimer, S., & Hanson, E. J. (2002). Changes in Fruit Antioxidant Activity among Blueberry Cultivars during Cold-Temperature Storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 893-898.

Cumhur, Ö. (2019). Modernist mutfakta Dondurarak Kurutma Teknolojisi. IV. International Gastronomy Tourism Studies Congress (s. 137-140). Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi.

Çağlar, M. Y., & Demirci, M. (2018). Üzümsü Meyvelerde Bulunan Fenolik Bileşikler ve Beslenmedeki Önemi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 18-26.

Çakak, N. (2019). Çilek meyvesinin kurutulmasında farklı kurutma yöntemlerinin kuruma performansı ve kalite üzerine etkileri. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-49.

Çakmak, N. (2019). Çilek meyvesinin kurutulmasında farklı kurutma yöntemlerinin kuruma performansı ve kalite üzerine etkileri. Tokak Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-49.

Çakmak, R. Ş., Tekeoğlu, O., Bozkır, H., Ergün, A. R., & Baysal, T. (2016). Effects of Electrical and Sonication Pretreatments on the Drying Rate and Quality of Mushrooms. LWT, 197-202.

Çelen, S., & Kahveci, K. (2013). Microwave drying behaviour of tomato slices. Czech Journal of Food Sciences, 132-138.

da Silva, G. D., Barros, Z. P., de Medeiros, R. B., de Carvalho, C. O., Brandão, S. R., & Azoubel, P. M. (2016). Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. LWT, 114-119.

Değirmencioğlu, A., & Değirmencioğlu, N. (2019). Taze ve Kurutulmuş Yaban Mersini (Vaccinium myrtillus) Meyve ve Yaprak Ekstraktlarının Probiyotik ve Patojen Bakteriler Üzerine Etkileri. Akademik Gıda, 342-350.

Del Bo, C., Riso, P., Campolo, J., Møller, P., Loft, S., Klimis, D., Porrini, M. (2013). A single portion of blueberry (Vaccinium corymbosum L) improves protection against DNA damage but not vascular function in healthy male volunteers. Nutrition Research , 220-227.

Demir, T., & Akpınar, Ö. (2020). Biological Activities of Phytochemicals in Plants. Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology, 1734-1746.

Edirisinghe, I., Banaszewski, K., Cappozzo, J., Sandhya, K., Ellis, C., Tadapaneni, R. K., Burton-Freeman, B. (2011). Strawberry anthocyanin and its association with postprandial inflammation and insulin. The British journal of nutrition, 913-22.

Ehlenfeldt, M. K., & Prior, R. L. (2001). Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC), Phenolic, and Anthocyanin Concentrations in Fruit and Leaf Tissue of Highbush Blueberry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2222-2227.

Engin, T. (2019). Kara kuşburnu (Rosa pimpinellifolia L.) ve Karadut (Morus nigra L.) ekstraktları ilavesi ile nar reçelinin renk ve antioksidan açısından zenginleştirilmesi. Atatürk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-137.

Er, T., & Akbulut, M. (2011). Kırmızı pancarın bazı fiziksel ve fitokimyasal özellikleri üzerine farklı kurutma sıcaklıklarının etkisi. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-65.

Fazaeli, M., Hojjatpanah, G., & Emam-Djomeh, Z. (2011). Effects of heating method and conditions on the evaporation rate and quality attributes of black mulberry (Morus nigra) juice concentrate. Journal of Food Science and Technology , 35-43.

Fazaeli, M., Yousefi, S., & Emam-Djomeh, Z. (2013). Investigation on the effects of microwave and conventional heating methods on the phytochemicals of pomegranate (Punica granatum L.) and black mulberry juices. Food Research International, 568-573.

Fijalkowska, A., Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M., & Witrowa-Rajchert, D. (2016). Ultrasound as a Pretreatment Method to Improve Drying Kinetics and Sensory Properties of Dried Apple. Journal of Food Process Engineering.

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutrition, 9-19.

Goztepe, B., Kayacan , S., Bozkurt, F., Tomas, M., Sagdic, O., & Karasu, S. (2022). Drying kinetics, total bioactive compounds, antioxidant activity, phenolic profile, lycopene and β-carotene content and color quality of Rosehip dehydrated by different methods. LWT.

Gölükcü, M. (2015). The effects of drying methods, packaging atmosphere and storage time on dried pomegranate aril quality. Tarım Bilimleri Dergisi, 207-219.

Görgüç, A., Yıldırım Vardin, A., Konuk Takma, D., Erten, E. S., & Yılmaz, F. M. (2019). Aydın ilinde yetiştirilen ticari çilek çeşitlerinin fiziksel, kimyasal, biyoaktif ve aroma özellikleri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 131-141.

Guasch-Ferré, M., Merino, J., Sun, Q., Fitó, M., & Salas-Salvadó, J. (2017). Dietary Polyphenols, Mediterranean Diet, Prediabetes, and Type 2 Diabetes: A Narrative Review of the Evidence. Oxidative Medicine and Cellular Longevity , 1-16.

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., & Maskan, M. (2018). Comparison of quality, bioactive compounds, textural and sensorial properties of hybrid and convection-dried apricots. Journal of Food Measurement and Characterization, 243-256.

Jiang, B., Mantri, N., Hu, Y., Lu, J., Jiang, W., & Lu, H. (2015). Evaluation of bioactive compounds of black mulberry juice after thermal, microwave, ultrasonic processing, and storage at different temperatures. Food Science and Technology International , 392-399.

Jiang, Y., Dai, M., Nie, W.-J., Yang, X.-R., & Zeng, X.-C. (2017). Effects of the ethanol extract of black mulberry (Morus nigra L.) fruit on experimental atherosclerosis in rats. Journal of Ethnopharmacology, 228-235.

Kamiloglu, S., Serali, O., Unal, N., & Capanoglu, E. (2012). Antioxidant activity and polyphenol composition of black mulberry (Morus nigra L.) products. Journal of Berry Research, 41-51.

Kaplan, E., Taşova, M., & Gülse Bal, H. S. (2020). Meyve Kurutma Yöntemlerine Göre Tüketici Tercihleri: Sunburst Çeşidi Mandalina Örneği. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research, 425-440.

Karabiyikli, Ş., Değırmencı, H., & Karapinar, M. (2016). Inactivation of Listeria monocytogenes in Black Mulberry (Morus nigra) Juice. Journal of Food Processing and Preservation.

Karadağ, G., Karaman, A. D., & Öğüt, S. (2022). Meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri. Journal of Food , Nutrition and Gastronomy, 77-90.

Karagöz, I. (2019). Karadut suyu ve konsantresi üretiminde membran proses uygulamalarının ürün kalitesine etkileri. Hitit Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-88.

Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Göktaş, H., Doymaz, İ., & Sağdıç, O. (2020). Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, in vitro bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon. LWT, 108830.

Kek, S. P., Chin, N. L., & Yusof, Y. A. (2013). Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. Food and Bioproducts Processing, 495-506.

Keleş, Y. (2015). Antosiyanin Pigmentlerin Biyokimyası ve Analizi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 19-25.

Kesavan, R., Rayaguru, K., & Nayak, P. K. (2020). Ultra-sonicated vacuum drying's effect on antioxidant activity, TPC, TFC and color of elephant apple slices. Food Bioscience, 100629.

Kidoń, M., & Grabowska, J. (2021). Bioactive compounds, antioxidant activity, and sensory qualities of red-fleshed apples dried by different methods. LWT, 110302.

Kızmaz, A. (2019). Farklı kurutma teknikleriyle kurutulan kivi dilimlerinin adsorpsiyon izotermlerinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-93.

Kroehnke, J., Szadzińska, J., Stasiak, M., Radziejewska-Kubzdela, E., Biegańska-Marecik, R., & Musielak, G. (2018). Ultrasound- and Microwave-Assisted Convective Drying of Carrots – Process Kinetics and Product's Quality Analysis. Ultrasonics Sonochemistry, 249-258.

Kuntz, S., Kunz, C., Herrmann, J., Borsch, C., Abel, G., Fröhling, B., Rudloff, S. (2014). Anthocyanins from fruit juices improve the antioxidant status of healthy young female volunteers without affecting anti-inflammatory parameters: Results from the randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over ANTHONIA study. The British journal of nutrition, 1-12.

Li, D., Zhang, Y., Liu, Y., Sun, R., & Xia, M. (2015). Purified anthocyanin supplementation reduces dyslipidemia, enhances antioxidant capacity, and prevents insulin resistance in diabetic patients. Journal of Nutrition, 742-748.

Mangan, B. (2019). Karadut Meyve ve Yapraklarının Antioksidan Aktivitelerinin Değerlendirilmesi. Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-69.

Meagher, L. P., & Beecher, G. R. (2000). Assessment of Data on the Lignan Content of Foods. Journal of Food Composition and Analysis , 935-947.

Medeiros, J. G., Biasi, L. A., de Bona, C. M., & Cuquel, F. L. (2018). Phenology, production and quality of blueberry produced in humid subtropical climate. Revista Brasileira de Fruticultura.

Meral, R., & Doğan, İ. S. (2012). Karadut (Morus nigra) Katkılı Ekmeğin Antioksidan Aktivitesi ve Fenolik Kompozisyonu. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 43-48.

Michalska-Ciechanowska, A., & Łysiak, G. P. (2015). Bioactive Compounds of Blueberries: Post-Harvest Factors Influencing the Nutritional Value of Products. International Journal of Molecular Sciences, 18642-18663.

Minhas, M. A., Begum, A., Hamid, S., Babar, M., Ilyas, R., Ali, S., Andleeb, S. (2016). valuation of Antibiotic and Antioxidant Activity of Morus nigra (Black Mulberry) Extracts Against Soil Borne, Food Borne and Clinical Human Pathogens. Pakistan Journal of Zoology, 1381-1388.

Motevali, A., Minaee, S., Khoshtaghaza, M.-H., Kazemi, M., & Nikbakht, A. M. (2010). Drying of pomegranate arils: comparison of predictions from mathematical models and neural networks. International Journal of Food Engineering.

Moyer, R., Hummer, K. E., Finn, C., Frei, B., & Wrolstad, R. E. (2002). Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 519-525.

Nyberg, S., Gerring, E., Gjellan, S., Vergara, M., Lindström, T., & Nystrom, F. H. (2013). Effects of exercise with or without blueberries in the diet on cardio-metabolic risk factors: An exploratory pilot study in healthy subjects. Upsala Journal of Medical Sciences, 247-255.

Özay Ayrancıoğlu, İ., Karasu, S., Karadağ, A., Saroğlu, Ö., Tekin Çakmak, H. Z., & Bekiroğlu, H. (2021). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Nar Tanelerinin Kuruma Kinetiği, Biyoaktif Bileşikleri, Mikroyapısı ve Fenolik in-vitro Biyoerişilebilirliği Üzerine Etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi.

Özdemir, E. E., Görgüç, A., Gençdağ, E., & Yılmaz, F. M. (2021). Püskürtmeli Kurutma ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Temelleri ve Bu Yöntemler ile Gıda Atıklarından Toz Ürünlerin Üretimi. Gıda / The Journal of Food, 583-607.

Özkan Karabacak, A., Özcan Sinir, G., & Suna, S. (2015). Mikrodalga ve Mikrodalga Destekli Kurutmanın Çeşitli . Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 125-135.

Pantelidis, G., Vasilakakis, M., Manganaris, G., & Diamantidis, G. (2013). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. Food Chemistry, 773-778.

Polatci, H., & Taşova, M. (2017). Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutma Yönteminin Alıç (Crataegusspp. L.) Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri ve Renk Değerleri Üzerine Etkisi. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 1130.

Prior, R. L., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., Mainland, M. C. (1998). Antioxidant Capacity As Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of Vaccinium Species. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2686-2693.

Salihler, K. (2020). Ülkemizde Yetişen Vaccinium Mytrillus L. (Yaban Mersini) Bitkisinin Yaprk ve Meyvelerinin Gıda ve Kozmetik Endüstirisi Tarafından Değerlendrime Çalışmaları. Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-96.

Sayın, L., & Tamer, C. E. (2014). Yüksek Hidrostatik Basınç ve Ultrasonun Gıda Koruma . Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 83-94.

Sernikli, C. (2015). Karadut(morus nıgra) suyunda toplam fenolik madde ve suda çözünen vitaminlerin ısıl parçalanma kinetiği. Pamukkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-83.

Shahidi, F., Ramakrishnan, V. V., & Oh, W. Y. (2019). Bioavailability and Metabolism of Food Bioactives and their Health Effects: A Review. Journal of Food Bioactives.

Shashirekha, M. N., Se, M., & Rajarathnam, S. (2013). Status of Bioactive Compounds in Foods, with Focus on Fruits and Vegetables. Critical Reviews In Food Science and Nutrition, 1324-1339.

Stull, A. J., Cash, K. C., Chamğagne, C. M., Gupta, A. K., Boston, R. C., Beyl, R. A., Cefalu, T. (2015). Blueberries Improve Endothelial Function, but Not Blood Pressure, in Adults with Metabolic Syndrome: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial. Nutrients, 4107-4123.

Süfer, Ö., & Palazoğlu, T. K. (2019). A study on hot-air drying of pomegranate: Kinetics of dehydration, rehydration and effects on bioactive compounds. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 1981-1990.

Şemşimoğlu, E. (2019). Çeşitli üzümsü meyvelerin ilavesi ile tarhana üretimi üzerine bir araştırma. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 1-100.

Targhi, R. G., Homayoun, M., Mansouri , S., Soukhtanloo, M., Soleymanifard, S., & Seghatoleslam, M. (2017). Radio protective effect of black mulberry extract on radiation-induced damage in bone marrow cells and liver in the rat. Radiation Physics and Chemistry, 297-302.

Tekin ÇAkmak, H. Z., & Baslar, M. (2018). The effect of ultrasound-assisted vacuum drying on the drying rate and quality of red peppers. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 1131-1143.

Tekin, H. Z., Başlar, M., Karasu, S., & Kılıçlı, M. (2017). Dehydration of green beans using ultrasound-assisted vacuum drying as a novel technique: drying kinetics and quality parameters. Journal of Food Processing and Preservation.

Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Buscob, F., & Bompadrec, S. (2011). Strawberry consumption improves plasma antioxidant status and erythrocyte resistance to oxidative haemolysis in humans. Food Chemistry , 180-186.

Tulipani, S., Armeni, T., Giampieri, F., & Alvarez-Suarez, J. M. (2014). Strawberry intake increases blood fluid, erythrocyte and mononuclear cell defenses against oxidative challenge. Food Chemistry, 87-93.

Turan, B., Tekin-Çakmak, H. Z., Kayacan Çakmakoğlu, S., Karasu, S., Kasapoğlu, M. Z., & Avcı, E. (2023). Effect of Different Drying Techniques on Total Bioactive Compounds and Individual Phenolic Composition in Goji Berries. Processes, 754.

Turgut, N. H., Mert, D. G., Kara, H., Eğilmez, H. R., Arslanbaş, E., Tepe, B., Tuncel, N. B. (2016). Effect of black mulberry (Morus nigra) extract treatment on cognitive impairment and oxidative stress status of D-galactose-induced aging mice. Pharmaceutical Biology, 1052-1064.

Turkmen, F., Karasu, S., & Karadag, A. (2020). Effects of different drying methods and temperature on the drying behavior and quality attributes of cherry laurel fruit. Processes.

Tüfekçi, S., & Özkal, S. G. (2015). Gıdaların Kurutulmasında Ultrases Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 408-413.

Uysal, M. B., & Özkal, S. G. (2019). Limon ve portakal kabuklarının sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulması. Pamukkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-144.

Wada, L., & Ou, B. (2002). Antioxidant Activity and Phenolic Content of Oregon Caneberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 3495-3500.

Wang, X., Xu, S., Wu, Z., Li, Y., Wang, Y., Wu, Z., Yang, M. (2021). A novel ultrasound-assisted vacuum drying technique for improving drying efficiency and physicochemical properties of Schisandra chinensis extract powder. Food Science & Nutrition, 49-59.

Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., & Nowicka, P. (2014). Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. Food and Bioprocess Technology, 829-841.

Yang, B., & Kortesniemi, M. (2015). Clinical evidence on potential health benefits of berries. Current Opinion in Food Science, 36-42.

Yıldız, G., & İzli, G. (2019). The effect of ultrasound pretreatment on quality attributes of freeze-dried quince slices: Physical properties and bioactive compounds. Journal of Food Process Engineering.

Yıldız, S., Yavaş, H., Gürbüz, O., & Değirmencioğlu, N. (2015). Türkiye'de yetişen yaban mersini meyvesinin fenolik bileşiklerinin karakterizasyonu. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, 1-1.

Yörük, G. (2019). Uludağ'da yetiştirilen bazı yaban mersini çeşitlerinin fenolik bileşiklerinin ve antioksidant kapasitelerinin araştırılması. Bursa Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1-73.

Yörük, G. (tarih yok). Uludağ'da yetiştirilen bazı yaban mersini çeşitlerinin fenolik bileşiklerinin ve antioksidant kapasitelerinin araştırılması. Bursa Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Zhang, L., Yue, P., Jiang, J., Fan, J., & Gao, X. (2016). Effect of phenolic compounds on antioxidant activity in 8 blueberry (Vaccinum spp.) juices. Carpathian Journal of Food Science and Technology, 178-186.

Zheng, W., & Wang, S. (2003). Oxygen Radical Absorbing Capacity of Phenolics in Blueberries, Cranberries, Chokeberries, and Lingonberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 502-509.

Zheng, Y., Wang, S. Y., Wang, C. Y., & Zheng, W. (2007). Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. LWT-Food Science and Technology, 49-57.