DOĞAL, KONVEKTİF, MİKRODALGA VE KOMBİNE MİKRODALGA-KONVEKTİF KURUTMA YÖNTEMLERİNİN TRABZON HURMASININ BİYOAKTİVİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Aslıhan YILMAZ

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞAL, KONVEKTİF, MİKRODALGA VE KOMBİNE MİKRODALGA-KONVEKTİF KURUTMA YÖNTEMLERİNİN TRABZON HURMASININ BİYOAKTİVİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Aslıhan YILMAZ
0000-0002-4913-905X

Doç. Dr. İlknur ALİBAŞ
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

DOĞAL, KONVEKTİF, MİKRODALGA VE KOMBİNE MİKRODALGA-KONVEKTİF KURUTMA YÖNTEMLERİNİN TRABZON HURMASININ BİYOAKTİVİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Aslıhan YILMAZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlknur ALİBAŞ

İlk nem içeriği %83,97 ± 0,01 olan 100 g kütleye sahip Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu) dilimleri son nem içeriği %11,03 ± 0,01 oluncaya dek doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine mikrodalga – konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulmuştur. En uzun kuruma süresi 6 510 dakika ile doğal kurutmada ölçülürken, en kısa kuruma süresi 14 dakika ile 5 W g^{-1} – 130°C'de elde edilmiştir. Kurutma verileri 21 farklı ince tabaka kurutma eşitliği ile modellenmiş ve en başarılı modeller doğal kurutma için Logistic, 70°C, 130°C, 4 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C için Alibas modeli, 100°C için Weibull dağılımı, 3 W g^{-1} için Jena ve Das modeli, 3 W g^{-1} – 70°C için Verma vd. modeli ve 5 W g^{-1} – 130°C ise Page modeli olarak tespit edilmiştir. Diğer kurutma yöntemleri için en uygun modelin Geliştirilmiş Henderson ve Pabis modeli olduğu belirlenmiştir. Termal özelliklerin tümünde doğal kurutma yönteminde en yüksek değerlere ulaşılmıştır. Parlaklık için 3 W g^{-1} – 70°C, kırmızılık, sarılık, kroma, toplam renk değişimi ve beyazlaşma indeksi için 5 W g^{-1} – 70°C, renk açısı için doğal kurutma ve esmerleşme indeksi için ise 5 W g^{-1} – 130°C'de en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Taze ürüne en yakın protein ve makro besin elementleri ise 5 W g^{-1} ve 5 W g^{-1} – 70°C'de ölçülmüştür. Sodyum için en yüksek değer 5 W g^{-1}'de belirlenirken; demir ve mangan için 5 W g^{-1} – 70°C, bakır için 4 W g^{-1} – 70°C ve çinko için doğal kurutma yönteminde en yüksek sonuçlar bulunmuştur. Toplam fenolik içeriği açısından en yüksek yüzde biyoalınabilirlik 5 W g^{-1}'de tespit edilmiştir. Antioksidan kapasitesi açısından en yüksek yüzde biyoalınabilirlik DPPH ve ABTS yönteminde 130°C'de, CUPRAC yönteminde ise 5 W g^{-1} – 100°C'de elde edilmiştir. Ayrıca, en yüksek antioksidan kapasitesi sonuçları DPPH yönteminde ölçüldüğünden, bu yöntem en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. En yüksek antosiyanin içeriği 4 W g^{-1}'de ölçülürken; en düşük sonuçlar 70°C'de elde edilmiştir. Taze ürüne en yakın likopen içeriği 4 W g^{-1} – 70°C'de bulunurken, en yüksek beta karoten ve E vitamini 5 W g^{-1} – 70°C'de saptanmıştır. En yüksek C vitamini ve pridoksin 3 W g^{-1}'de ölçülürken, tazeye en yakın tiamin, niasin ve folik asit ise sırasıyla doğal, 130°C ve 100°C'de tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trabzon hurması, kurutma, protein, besin elementi, biyoaktif bileşenler, vitamin profili

2022, xiv + 150 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

THE EFFECT OF NATURAL, CONVECTIVE, MICROWAVE AND COMBINED MICROWAVE-CONVECTIVE DRYING METHODS ON THE BIOACTIVITY OF PERSIMMON

Aslıhan YILMAZ

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlknur ALİBAŞ

Persimmon slices (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu), whose mass was 100 g and initial moisture content was 83,97 ± 0,01%, were dried by natural, convective, microwave, and combined microwave – convective drying methods until the final moisture content was 11,03 ± 0,01%. While the longest drying time was measured at natural drying with 6 510 minutes, the shortest drying time was obtained at 5 W g^{-1} – 130°C with 14 minutes. Drying data are modeled with 21 different thin-layer drying equations, and the most successful models were Logistic for natural drying, Alibas model for 70°C, 130°C, 4 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 100°C, and 4 W g^{-1} – 130°C, Weibull distribution for 100°C, Jena and Das model for 3 W g^{-1}, Verma et al. model for 3 W g^{-1} – 70°C and Page model for 5 W g^{-1} – 130°C. The most suitable model for all other drying methods was the Modified Henderson and Pabis model. In all of the thermal properties, the highest values were reached in the natural drying method. The best results were achieved at 3 W g^{-1} – 70°C for brightness, 5 W g^{-1} – 70°C for redness, yellowness, Chroma, total color change, and whitening index, natural drying for hue angle, and 5 W g^{-1} – 130°C for browning index. The protein and macronutrient elements closest to the fresh product were measured at 5 W g^{-1} and 5 W g^{-1} – 70°C. While the highest value for sodium is measured at 5 W g^{-1}, iron and manganese were best preserved at 5 W g^{-1} – 70°C, copper at 4 W g^{-1} – 70°C, and zinc in the natural drying method. The highest percentage bioavailability for the total phenolic content was determined at 5 W g^{-1}. In terms of antioxidant capacity, the highest percent bioavailability was obtained at 130°C in the DPPH and ABTS method and at 5 W g^{-1} – 100°C in the CUPRAC method. In addition, the DPPH method was determined as the most appropriate antioxidant capacity method in the study since it gave the highest results. The drying method in which the anthocyanin content was best preserved was 4 W g^{-1}, while the lowest results were achieved at 70°C. The closest lycopene content to the fresh product was found at 4 W g^{-1} – 70°C, while the highest beta carotene and vitamin E were found at 5 W g^{-1} – 70°C. The highest levels of vitamin C and pyridoxine were measured at 3 W g^{-1}, while the thiamine, niacin, and folic acid closest to fresh were detected at 130°C and 100°C, respectively.

Keywords: Persimmon, drying, protein, nutrients, bioactive compounds, vitamin profile

2022, xiv + 150 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca tez konumun belirlenmesinden tezde bulunan sonuçların değerlendirilmesine kadar tüm aşamalarda yanımda olan, yüksek lisans ve doktora eğitim sürecim boyunca akademik tecrübesini benden esirgemeyen, bana bilimsel etiğin önemini kavratan, akademik anlamda kendimi geliştirmem için her türlü imkanı sağlayan çok değerli Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. İlknur ALİBAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Biyokimyasal analizlerin yapılmasında bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ozan GÜRBÜZ ve Dr. Elif YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine tezimi FDK-2021-355 kodlu proje ile destekledikleri için teşekkürlerimi sunarım.

Her koşulda yanımda olan ve bu zorlu süreçte maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim kıymetli aileme ve Çağkan GÖYMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Aslıhan YILMAZ
30/05/2022

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET……..	i
ABSTRACT……...	ii
TEŞEKKÜR……...	iii
İÇİNDEKİLER……...	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ……...	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ……	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ……..	xiii
1.GİRİŞ……...	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI……	6
3.MATERYAL ve YÖNTEM……	18
3.1.Materyal……	18
3.2.Kullanılan Cihazlar, Kimyasallar ve Sarf Malzemeler……	18
3.2.1. Kombine kurutucu ……...	18
3.2.2. Etüv……..	19
3.2.3. Hassas teraziler…….	19
3.2.4. Santrifüj cihavı ve mikropipetler……..	20
3.2.5. Su banyosu ve pH-metre……..	21
3.2.6. Renk ölçüm cihazı……...	22
3.2.7. Toplam protein analizinde kullanılan cihazlar…….	23
3.2.8. Makro ve mikro besin elementi analizlerinde kullanılan cihazlar……...	23
3.2.9. HPLC cihazı…….	26
3.2.10. Elektrik sayacı……	26
3.2.11. Analizlerde kullanılan kimyasallar…….....	27
3.2.12. Derin dondurucu ve buzdolabı..…….	28
3.2.13. Test tüpleri, küvetler, spatüller ve pisetler…….	28
3.2.14. Cam aparatlar ve havan……..……	29
3.3. Yöntem……	29
3.3.1. Kurutma yöntemi……..	29
3.3.2. Toplam enerji tüketimi ve özgül enerji tüketimi……..	31
3.3.3. Renk ölçüm yöntemi……	31
3.3.4. Termal özellikler…….	33
3.3.5. Toplam protein, makro ve mikro besin elementi analizleri……..	34
3.3.6. Spektrofotometrik analizler…….	36
3.3.7. HPLC analizleri……..……...……...	44
3.3.8. Veri analizi……...	45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……..	48
4.1. Kurutma Kinetiği ve Matematiksel Modelleme……..	48
4.2. Toplam Enerji Tüketimi ve Özgül Enerji Tüketimi ……...	72
4.3. Termal Özellikler……	74
4.4. Renk Parametreleri, Toplam Renk Değişimi, Esmerleşme ve Beyazlaşama İndeksi …….	86
4.4.1. Renk parametreleri……...	86
4.4.2. Toplam renk değişimi, esmerleşme ve beyazlaşma indeksi……	88
4.5. Toplam Protein, Makro ve Mikro Besin Elementleri Konsantrasyonu…...	93

4.6. Biyoaktif Bileşenler……. 98
4.6.1. Toplam fenolik içeriği…….. 98
4.6.2. Toplam antioksidan kapasitesi……. 102
4.6.3. Toplam antosiyanin içeriği……... 112
4.7. Vitamin Profili……..……... 113
4.7.1. Suda çözünen vitaminler…….. 113
4.7.2. Yağda çözünen vitaminler…… 117
4.8. Kalite Parametreleri Arasındaki Doğrusal Korelasyonlar……... 120
5. SONUÇLAR…….. 125
KAYNAKLAR……... 129
ÖZGEÇMİŞ…… 147

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Abs	Absorbans
A-	ABTS'ye göre antioksidan kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} kb)
Bİ	Beyazlaşma indeksi
C-	CUPRAC'a göre antioksidan kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} kb)
$ANO_{exp,i}$	Deneysel ayrılabilir nem oranı
D-	DPPH'e göre antioksidan kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} kb)
Eİ	Esmerleşme indeksi
N	Herhangi bir zamandaki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1})
n_i	İnce tabaka kurutma eşitliğindeki sabit ve katsayıların toplamı
a°	Kırmızılık
C	Kroma
a, b, c, g, h	Kurutma katsayıları
n	Kurutma parametresi
dt	Kurutma periyodunda nem içeriğinin hesaplandığı zaman (dk)
k, k_0, k_1, k_2	Kurutma sabitleri (dk^{-1})
t	Kuruma süresi (dk)
N_{t+dt}	*m+dt* zamanındaki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1})
W_s	Materyaldeki su ağırlığı (kg)
W_0	Materyalin ilk ağırlığı (kg)
N_o	Materyalin ilk nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1})
W_k	Materyalin kuru ağırlığı (kg)
N_{k0}	Materyalin kuru baza göre ilk nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1})
N_{y0}	Materyalin yaş baza göre ilk nem içeriği (%)
Nf	Mateyalin kurutmadan sonraki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1})
Ml	Mikrolitre, hacim birimi
µmol	Mikromol, hacim birimi
Mg	Miligram
Ml	Mililitre
$ANO_{pre,i}$	Modelin tahmin ettiği ayrılabilir nem oranı
E	Molar absorbansı L mol^{-1} cm^{-1}
M	Molarite
MA	Molekül ağırlığı (g mol^{-1})
L°	Parlaklık
α°	Renk açısı
b°	Sarılık
SF	Seyreltme faktörü
Cp	Spesifik ısı (J kg^{-1} K^{-1})
a	Termal difüzitive (m^2 s^{-1})
e	Termal efüzivite (W $s^{1/2}$ m^{-2} K^{-1})
k	Termal iletkenlik (W m^{-1} K^{-1})
F-	Toplam fenolik madde içeriği (mg GAE g^{-1} kb)
ΔE	Toplam renk değişimi

Kısaltmalar	**Açıklama**
ABTS	2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6 sülfonik asit)
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
CH_3COONH_4	Amonyum asetat
$(NH_4)_2SO_4$	Amonyum sülfat
N	Azot
Cu	Bakır (µg g^{-1} kb)
$CuCl_2$	Bakır klorür
$CuSO_4$	Bakır sülfat
B	Biyoalınabilir fenol
CUPRAC	Cupric Reducing Antioxidant Capacity
Zn	Çinko (µg g^{-1} kb)
Fe	Demir (µg g^{-1} kb)
E	Ekstrakte edilebilir fenol
C_2H_5OH	Etanol
%B	Fenollerin yüzde biyoalınabilirliği
FCR	Folin Ciocalteau Reaktif
P	Fosfor (µg g^{-1} kb)
GAE	Gallik asit eşdeğer
HCl	Hidroklorik asit
H	Hidrolize edilebilir fenol
Ca	Kalsiyum (µg g^{-1} kb)
KOH	Karesel ortalama hata
χ^2	Ki kare
kg	Kilogram
KKE	Konvektif kurutmanın etkisi
kb	Kuru baz
KS	Kuruma süresi (dk)
KY	Kurutma yöntemi
Mg	Magnezyum (µg g^{-1} kb)
Mn	Mangan (µg g^{-1} kb)
CH_3OH	Metanol
MGE	Mikrodalga kurutmanın etkisi
HNO_3	Nitrik asit
O_2	Oksijen
ÖET	Özgül enerji tüketimi (kWh kg_{su}^{-1})
K	Potasyum (µg g^{-1} kb)
KCl	Potasyum klorür
$K_2S_2O_8$	Potasyum persülfat
K_2SO_4	Potasyum sülfat
R^2	Belirleme katsayısı
Na	Sodyum (µg g^{-1} kb)
NaOH	Sodyum hidroksit
NaCl	Sodyum klorür
Trolox	Suda çözünen E vitamini
H_2SO_4	Sülfürik asit
SH	Tahmini standart hata

TET	Toplam enerji tüketimi (kWh)
TP	Toplam protein (µg g^{-1} kb)
TEAC	Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi
yb	Yaş baz
ρ	Yoğunluk (kg m^{-3})

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil.3.1.	Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu) ……..	18
Şekil 3.2.	(a) Kombine kurutucu fırın (b) Etüv…….....	19
Şekil 3.3.	(a) Hassas terazi (b) Analitik terazi …….	20
Şekil 3.4.	(a) Soğutmalı ve soğutmasız santrifüjler (b) Mikropipetler (c) Vorteks …….	21
Şekil 3.5.	(a) Çalkalamalı su banyosu (b) pH-metre…….	22
Şekil 3.6.	Renk ölçüm cihazı (Kolorimetre)…….	22
Şekil 3.7.	(a) Yakma bloğu sistemi (b) Damıtma cihazı ……..	23
Şekil 3.8.	Isıtıcı Tabla ……..	23
Şekil 3.9.	Çeker Ocak ……..	24
Şekil 3.10.	ICP-OES Cihazı ……...	24
Şekil 3.11.	Alev Fotometresi …….	25
Şekil 3.12.	UV-VIS Spektrofotometre ……...	25
Şekil 3.13.	HPLC cihazı…….	26
Şekil 3.14.	Monofaze Elektrik Sayacı ……...	27
Şekil 3.15.	(a) Santrifüj tüpleri (b) Kuvars küvet (c) Spatüller (d) Piset……	28
Şekil 3.16.	(a) Cam malzemeler (b) Porselen havan ve havaneli……...	29
Şekil 3.17	Lab skalasına göre renk açıları ……	32
Şekil 3.18.	Gallik asit eşdeğeri ektrakte edilebilir fenolik bileşen kalibrasyon eğrisi …….	39
Şekil 3.19.	Gallik asit eşdeğeri hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir fenolik bileşen kalibrasyon eğrisi ……	39
Şekil 3.20.	Troloks eşdeğeri DPPH kalibrasyon eğrisi ……..	41
Şekil 3.21.	Troloks eşdeğeri ABTS kalibrasyon eğrisi ……..	42
Şekil 3.22.	Troloks eşdeğeri CUPRAC kalibrasyon eğrisi ……	43
Şekil 4.1.	Doğal ve konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği……	49
Şekil 4.2.	3 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemi ve 70, 100 ve 130°C sıcaklıklarıyla kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği …….	51
Şekil 4.3.	4 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemi ve 70, 100 ve 130°C sıcaklıklarıyla kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği……..	51
Şekil 4.4.	5 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemi ve 70, 100 ve 130°C sıcaklıklarıyla kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği……	52
Şekil 4.5.	Konvektif ve doğal kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları …….	53
Şekil 4.6.	3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları……..	54
Şekil 4.7.	4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif	

kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları……. 54
Şekil 4.8. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları…….. 55
Şekil 4.9. Doğal ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: doğal kurutma için Logistic eşitliği, 70 ve 130°C için Alibas eşitliği ve 100°C için Weibull dağılımı eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir……. 56
Şekil 4.10. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemlerinin kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: 3 W g^{-1} için Jena ve Das eşitliği, 3 W g^{-1} – 70ºC için Verma vd. eşitliği ve 300 W – 100ºC ve 300 W – 130°C için Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir……. 57
Şekil 4.11. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemlerinin kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: 4 W g^{-1} için Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği ve 4 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C için Alibas eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir…… 57
Şekil 4.12. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemlerinin kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: 5 W g^{-1}, 5 W g^{-1} - 70°C ve 5 W g^{-1} - 100°C için Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği ve 5 W g^{-1} - 130°C için Page eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir…… 58
Şekil 4.13. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının özgül ısı verileri ……. 76
Şekil 4.14. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin özgül ısı verileri …….. 76
Şekil 4.15. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin özgül ısı verileri …….. 77
Şekil 4.16. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma

yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin özgül ısı verileri …….. 77
Şekil 4.17. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının termal iletkenlik verileri…….. 78
Şekil 4.18. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal iletkenlik verileri …….. 78
Şekil 4.19. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal iletkenlik verileri …….. 79
Şekil 4.20. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal iletkenlik verileri …….. 79
Şekil 4.21. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının yoğunlukları ……... 80
Şekil 4.22. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin yoğunlukları…….. 80
Şekil 4.23. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin yoğunlukları ……. 81
Şekil 4.24. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin yoğunlukları ……. 81
Şekil 4.25. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının termal difüzivite verileri …… 82
Şekil 4.26. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal difüzivite verileri ……. 82
Şekil 4.27. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal difüzivite verileri ……. 83
Şekil 4.28. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal difüzivite verileri ……. 83
Şekil 4.29. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının termal efüzivite verileri …….. 84
Şekil 4.30. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma

yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal efüzivite verileri ……... 84
Şekil 4.31. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal efüzivite verileri ……... 85
Şekil 4.32. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal efüzivite verileri ……... 85
Şekil 4.33. Taze ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş Trabzon hurması dilimleri…….. 91
Şekil 4.34. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının toplam fenolik içeriğinin ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği ……. 101
Şekil 4.35. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının antioksidan kapasitesinin DPPH yöntemine göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği …….. 109
Şekil 4.36. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının antioksidan kapasitesinin CUPRAC yöntemine göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği …….. 110
Şekil 4.37. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının antioksidan kapasitesinin ABTS yöntemine göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği …….. 111

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 3.1.	Trabzon hurması meyvesinin kurutulmasında kullanılan modeller …….....	46
Çizelge 4.1.	Trabzon hurmasının farklı yöntemlerle kurutulması sırasındaki kuruma süresi, ortalama kuruma hızı, toplam enerji tüketimi ve özgül enerji tüketimi……...	50
Çizelge 4.2.	Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleri ile kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler……	60
Çizelge 4.3.	3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler……...	61
Çizelge 4.4.	4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler……..….	62
Çizelge 4.5.	5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler……..….	63
Çizelge 4.6.	Doğal ve 70°C konvektif kurutma uygulanarak kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları …….	64
Çizelge 4.7.	100°C ve 130°C konvektif kurutma uygulanarak kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları …….	65
Çizelge 4.8.	3 W g^{-1} ve 3 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları ……...	66
Çizelge 4.9.	3 W g^{-1} – 100°C ve 3 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları ……...	67
Çizelge 4.10.	4 W g^{-1} ve 4 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları ……...	68
Çizelge 4.11.	4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma	

	eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları ……...	69
Çizelge 4.12.	5 W g^{-1} ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları ……...	70
Çizelge 4.13.	5 W g^{-1} – 100°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları ……...	71
Çizelge 4.14.	Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin renk parametreleri, toplam renk değişimi, esmerleşme ve beyazlaşma indeksi …….	92
Çizelge 4.15.	Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının toplam protein içeriği ve makro besin elementleri ……..	96
Çizelge 4.16.	Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının mikro besin elementleri ……..	97
Çizelge 4.17.	Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının toplam fenolik içeriği ……..	100
Çizelge 4.18	Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının DPPH yöntemine göre antioksidan kapasitesi …….	106
Çizelge 4.19.	Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi ……...	107
Çizelge 4.20.	Taze ve kurutulmuş Trabzon Hurmasının ABTS yöntemine göre antioksidan kapasitesi …….	118
Çizelge 4.21.	Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin toplam antosiyanin içeriği ……..	114
Çizelge 4.22.	Farklı yöntemlerle kurutulan Trabzon hurmasının suda çözünen vitaminleri…….	117
Çizelge 4.23.	Farklı yöntemlerle kurutulan Trabzon hurmasının yağda çözünen vitaminleri…….	119
Çizelge 4.24.	Farklı yöntemlerle kurutulmuş Trabzon hurmasının analiz edilen kalite parametreleri arasındaki doğrusal ilişkiler …….	124

1. GİRİŞ

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.), abanozgiller (*Ebenaceae*) familyasına ait olan ve Akdeniz bölgesi gibi subtropik iklim kuşaklarında yetişen bir meyvedir (Tuzcu ve Yıldırım, 2000; Kang vd., 2004; Koyuncu vd., 2005; Kim vd., 2018). Anavatanı Çin olan Trabzon hurması, ülkemizde genellikle Karadeniz kıyıları ile Hatay ve Antalya illerimizde yetiştirilmektedir (Onur, 1990; Tuzcu ve Yıldırım, 2000; Kuzucu, 2003; Koyuncu vd., 2005). Taze olarak tüketiminin yanı sıra Trabzon hurmasının salata, şurup, içecek, reçel, tatlı, dondurma, marmelat, kek, sos, jöle, püre, krema ve muhallebi yapımı gibi çok çeşitli kullanım alanları vardır (Doymaz, 2012; Hanif vd., 2015a; Çelen, 2019).

Eski dönemlerde güzel görünümü ve tadından dolayı kutsal meyve olarak kabul edilmiş ve "Zeus'un meyvesi" adı verilmiş olan Trabzon hurmasının insan sağlığına da pek çok faydasının olduğu bilinmektedir (Onur, 1990; Sponberg, 1991; Tülek ve Demiray, 2014; Kim vd., 2018). Trabzon hurması zengin içeriği sayesinde doğal bir bağışıklık güçlendiricidir. Özellikle kış aylarında yaşanan grip ve soğuk algınlığı gibi hastalıklara karşı direnci arttırdığı görülmüştür (Song vd., 2005; Kim, 2005; Park vd., 2006). Yüksek antioksidan içeriği sayesinde göz sağlığına da fayda sağlamaktadır (Kim, 2005; Kim vd., 2005; Park vd., 2006; Gato vd., 2013). Ayrıca, yüksek tansiyon ve kolesterolü düşürücü bir etkisinin olduğu bilinmektedir (Moon vd., 2004; Park vd., 2006; Matsumoto vd., 2011). Kansızlık tedavisinde kullanılan Trabzon hurması aynı zamanda bağırsak iltihaplanmalarının giderilmesinde de etkilidir (Chae vd., 2004; Kim vd., 2005; Kim vd., 2018).

İnsan sağlığına bu denli faydası bulunan Trabzon hurması, besin içeriği açısından da son derece zengindir. Trabzon hurması yüksek oranda lif, karbonhidrat, protein, yağ, potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, A vitamini, C vitamini ve E vitamini içermektedir (Matheus vd., 2020; Tardugno vd., 2021). Trabzon hurmasının kendine has turuncu renginden de anlaşılacağı üzere antosiyanin, toplam fenolik ve karotenoidler gibi son derece önemli pigmentleri bünyesinde bulundurmaktadır (Oksuz vd., 2015; Ferrara, 2021). Bitkisel kaynakları tarımsal ürünlerin renk, koku, tat ve doku gibi

özelliklerinin oluşmasından temel görev üstlenen fenolik bileşiklerin antialerjik, antienflamatuar, antidiyabetik, antimikrobiyal, antipatojenik, antiviral ve antitrombotik etkilerinin olduğu bununla birlikte, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, osteoporoz, diyabetes mellitus ve nörodejeneratif hastalıklara karşı insan vücudunda savunma rolünü üstlendikleri bilinmektedir (Kolaç vd., 2017; Zia ve Alibas, 2021a).

İnsan sağlığına pek çok faydası bulunan ve besleyiciliği bu denli yüksek olan Trabzon hurmasının yapısında bulunan yüksek orandaki su miktarı ve deforme olmaya müsait fizyolojik yapısı nedeniyle raf ömrünün bir kaç gün ile sınırlı olması, meyvenin tüketim süresini kısıtladığı gibi ticari olarak da büyük kayıplara sebebiyet vermektedir (Doymaz, 2012; Sakaldaş vd., 2013; Hanif vd., 2015a; Senadeera vd., 2020). Hasat sonrasındaki süreçler olarak sınıflandırılan taşınma-depolama, işleme-paketleme ve dağıtım-satışta deformasyona açık yapısal özellikleri nedeniyle önemli oranlarda ürün kaybı yaşanan Trabzon hurmasında bu kaybı önlemek son derece önemli bir konu haline gelmiştir (Cárcel vd., 2010; Doymaz, 2012; Jia vd., 2019; Senadeera vd., 2020). Hasat sonrasında meydana gelebilecek ürün kayıplarının önlenmesi ve ürünün katma değerinin artırılması için uygulanabilecek en akıllıca yöntem kurutmadır (Bozkir, 2019; Yilmaz ve Alibas, 2021).

Kurutma, ürünlerin içerisinde %80-90 oranında bulunan nem içeriğini %8-12'ye kadar düşürerek ürünün dayanımını arttırma işlemidir (Zogzaz vd., 1996; Ertekin ve Yaldız, 2004; Alibas, 2006; Roberts vd., 2008; Ertekin ve Firat, 2017). Kurutma ile birlikte ürünün dayanım süresi uzamakta, besin içeriği korunmakta, ürünün depolanması ve taşınması kolaylaşmakta ve ürünün ticari değeri artmaktadır (Alibas, 2006; Alibaş, 2012; Doymaz ve Bilici, 2014; Lyu vd., 2015; Yilmaz ve Alibas, 2017; Sonmete vd., 2017). Dünyada ve ülkemizde ürün muhafazası olarak ilk akla gelen yöntem olan kurutma çok çeşitli yöntemlerle yapılabilmektedir (Akpinar ve Bicer, 2005; Tunde-Akintunde, 2011). En eski kurutma yöntemleri olan ve doğal kurutma olarak adlandırılan güneşte ve gölgede sererek kurutma yöntemlerinin yanı sıra konvektif kurutma, mikrodalga kurutma, dondurarak kurutma, ohmik kurutma, vakumla kurutma, sprey kurutma ve bunların kombinasyonlarıyla yapılan pek çok kurutma yöntemi mevcuttur (Soysal, 2004; Falade ve Solademi, 2010; Doymaz ve İsmail, 2011).

Güneşe ve gölgeye sererek kurutma gerek ticari gerekse evsel olarak geçmişten günümüze en çok tercih edilen kurutma yöntemleri olmasına karşın, bu yöntemlerin pek çok dezavantajı da bulunmaktadır (Soysal, 2004; Kingsly vd., 2007). Güneşte ya da gölgede yapılan kurutma işlemi için büyük kurutma alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Uzun kurutma sürelerinin yanı sıra yüksek işgücü ihtiyacı, kurutulan ürünlerin küf ve aflatoksin oluşumuna açık olması ve dış ortamda kurutulan ürünlerin eksoz gazı emülsiyonlarına, toza, böceklenmeye ve patojen oluşumuna maruz kalması geleneksel kurutma yöntemlerinin başarısını sınırlayan en önemli faktörlerdir (Alibas, 2007; Alibas, 2012; Azam vd., 2019). Tüm bu dezavantajlar sebebiyle geleneksel kurutma yerine günümüzde, sanayiye aktarılabilirliği ve uygulama kolaylığı açısından konvektif (sıcak hava) kurutma yöntemi yaygın olarak tercih edilmektedir (Balladin ve Oliver, 1999; Sonmete vd., 2017; Ertekin ve Firat, 2017).

Geleneksel kurutma yöntemindeki olumsuzlukların giderilmesi için konvektif kurutma yöntemi günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir (Alibas vd., 2020). Konvektif (sıcak hava) kurutma yönteminde ısı, kurutucu ortamdan materyale ısı taşınımı yoluyla iletilmektedir. Söz konusu yöntemde üründen ayrılan nemin ortamdan uzaklaşma hızı, kurutma havasının hızıyla doğrudan ilgilidir. Konvektif kurutuculardа bulunan ısıtıcı (rezistans), dış ortamdan alınan havayı ısıtmakta, ısınan hava ise bir fan vasıtasıyla kurutma alanına eşit şekilde dağıtılmaktadır. Konvektif kurutma yönteminde sıcak hava, kurutulan ürün tabakasının üzerinden ya da içinden geçirilmektedir (Alibas, 2009; Chandramohan ve Talukdar, 2013; Agrawal ve Methekar, 2017; Onwude vd., 2018; Chandramohan, 2020). Kurumanın materyalin dışından içine doğru gerçekleştirildiği bu yöntemin, tüm zirai ürünlere uygulanabilir olması, ilk yatırım maliyetlerinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük olması ve basit yapılı olması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Buna karşın, bu yöntemin, nispeten uzun kuruma süresine bağlı yüksek enerji ihtiyacı, kurutulan tarımsal ürünlerin kalite parametrelerinde kayıpların oluşması ve ürünün tekdüze kurumaması gibi önemli dezavantajları da bulunmaktadır (Toğrul, 2006; Alibas, 2012; Azam vd., 2019).

Konvektif ve geleneksel kurutma yöntemlerinin olumsuz yönlerinden yola çıkılarak geliştirilen alternatif kurutma yöntemlerinden biri de mikrodalga kurutma yöntemidir (Maskan, 2001; Kardum vd., 2001; Soysal, 2004; Dadalı vd., 2007; Alibas, 2007). Mikrodalga kurutucular, kontrol paneli, dönüştürücü, kondansatör, magnetron, dalga kılavuzu ve kurutma tablasından oluşmaktadır. Kontrol panelinin görevi elektrik akımının dönüştürücüye iletilmesini sağlamaktır. Dönüştürücü ve kondansatör ise gönderilen elektrik akımını şarj ederek magnetrona iletmektedir. Elektrik enerjisinin mikrodalga enerjisine dönüştürülme işlemi magnetron ile gerçekleştirilmektedir. Magnetron, iki mıknatıs arasında bulunan bir sargı ve bu sargını ortasında bulunan bir iletkenden meydana gelmekte ve sargının içinden geçen 3 000 voltluk elektrik gücüne sahip bir manyetik alan oluşturmaktadır. Bu manyetik alan, mıknatıslar sayesinde ortadaki ısınmış olan flamandan elektron koparmaktadır. Elektronlar ortadaki mıknatıslar sayesinde yönlendirilmekte ve yönlendirilmiş elektronlar antene iletilmektedir. Anten, bu elektronların yaydığı enerjinin mikrodalga enerjisine dönüşmesini sağlamaktadır. Bu işlem sonucunda magnetronda 0,1-100 cm boyunda ve 2,45 GHz frekansında mikrodalgalar üretilmektedir (Konak vd., 2009). Bu mikrodalgalar, dalga kılavuzu sayesinde fırının içinde bulunan kurutma tablasına ulaşmaktadır. Saniyede 2,45 milyar kez titreşen mikrodalgalar kurutulacak materyale nüfuz ettiklerinde, materyalin bünyesindeki su moleküllerinin titreşimine sebep olmaktadır (Bradshaw vd., 1998; Orsat vd., 2006; Wray ve Ramaswamy, 2015). Mikrodalga ışınların polaritesinin her değişiminde (+) ve (-) yüklere sahip olan su molekülleri ileri ve geri olmak üzere saniyede 4,9 milyar kez titreşim hareketi yapmaktadır (Orsat vd., 2006; Vadivambal vd., 2007). Yüksek hızda gerçekleşen bu titreşim sebebiyle birbirine temas eden su molekülleri ısı enerjisi açığa çıkararak materyalin kurumasını sağlamaktadır (Vadivambal vd., 2007; Wray ve Ramaswamy, 2015). Konvektif kurutmanın aksine, mikrodalga kurutmada, ürünün dışından iç kısmına doğru bir kurutma değil, moleküler düzeyde homojen bir kurutma gerçekleşmektedir (Decareau, 1985; Maskan, 2000; Kardum vd., 2001; Alibas, 2007). Bu sayede mikrodalga kurutmada üniform bir kurutma ve daha kaliteli kuru ürün elde edilirken, kısa kurutma süreleri sayesinde enerji tüketiminden de tasarruf edilmektedir (Maskan, 2000; Feng, 2002; Soysal, 2004; Ozkan vd., 2007; Alibas vd., 2020). Özellikle yeşil yapraklı ürünlerin, nem oranı düşük meyve ve sebzelerin ve şeker oranı

düşük meyvelerin kurutulması için uygun bir yöntem olan mikrodalga kurutma yönteminin popülerliği günümüzde giderek artmaktadır (Feng, 2002; Ozkan vd., 2007). Tüm bu avantajlarının yanı sıra, mikrodalga kurutma yönteminin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve yüksek mikrodalga güç yoğunluklarında ürünlerde yanma, yarılma, patlama ve karamelize olma gibi deformasyonlara sebebiyet vermesi nedeniyle farklı kurutma yöntemleriyle kombinlenerek kullanılması, günümüzde önemli bir konu haline gelmiştir. Mikrodalga kurutma yönteminin diğer kurutma yöntemleriyle kombinlenerek kullanıldığı çalışmalarda, kuruma süresinin ciddi oranlarda azaldığı görülmüştür (Bouraoui ve Richard, 1994; Azzouz vd., 2002; Miraei Ashtiani vd., 2018; Zia ve Alibas, 2021a).

Literatürde birçok araştırmacı çilek (Doymaz, 2008), üzüm (Azzouz vd., 2002), ayva (Tzempelikos vd., 2014), soğan (Mota vd., 2010) ve helvacı kabağını (Guiné vd., 2011) konvektif kurutma yöntemiyle; kivi (Maskan, 2001), bamya (Dadalı vd., 2007), balkabağı (Wang vd., 2007), mısır (Gürsoy vd., 2013) ve fındığı (Sharifian vd., 2013) mikrodalga kurutma yöntemiyle ve patates (Bouraoui ve Richard, 1994), nektarin (Miraei Ashtiani vd., 2018), kızılcık (Sunjka vd., 2004), kavak mantarı (Bhattacharya vd., 2015) ve kırmızı dolmalık biber (Rybak vd., 2022) gibi tarımsal ürünleri de konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemlerini kombinleyerek kurutmuştur.

Söz konusu tezin amacı; i) Trabzon hurmasının gölgede, konvektif, mikrodalga ve kombine (konvektif-mikrodalga) kurutma yöntemleriyle kurutulması, ii) kurutma esnasında harcanan enerji tüketim miktarının belirlenmesi, iii) kurutma denemelerinin 21 farklı ince tabaka kurutma modeliyle modellenmesi, iv) kurutulan ürünlerdeki termal özelliklerin belirlenmesi, v) taze ve kurutulan örneklerdeki renk parametreleri, toplam renk değişimi, esmerleşme ve beyazlaşma indekslerinin tespit edilmesi, vi) taze ve kurutulmuş örneklerde toplam protein, makro ve mikro besin elementlerinin ölçülmesi, vii) toplam fenolik içeriğinin belirlenmesi, viii) toplam antosiyanin içeriğinin analiz edilmesi, ix) ABTS, DPPH ve CUPRAC yöntemleri kullanılarak toplam antioksidan kapasitesinin saptanması, x) suda ve yağda çözünen vitamin profilinin ölçülmesi ve xi) taze ürüne en yakın kurutma yöntem veya yöntemlerinin tespit edilmesidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Woolf vd. (1997), Trabzon hurmasını (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu) konvektif kurutma yöntemini kullanılarak 35 - 50°C sıcaklıkta 0,5 - 10 saat süresince kurutmuştur. Kurutma işleminin ardından ürünler 0°C'de 6,5 hafta boyunca depolanmış, depolanma süresi sona erdikten sonra 20°C sıcaklıkta üç gün boyunca bekletmiş ve kurutulup depolanan ürünler kalite parametreleri açısından değerlendirmiştir. Çalışmadaki en yüksek sıcaklık olan 50°C'de yapılan kurutma işleminde meyve etinde meydana gelen jelleşme azalmasına rağmen, esmerleşme indeksinin arttığı görülmüştür. En az jelleşme ve esmerleşme indeksi ise 47°C sıcaklıkta ve 3 saat boyunca kurutulan örneklerde tespit edilmiştir.

Akyıldız vd. (2004) Türkay çeşidi Trabzon hurmasını sıcak hava kurutma yöntemi kullanılarak 60, 75 ve 90°C'de kurutmuştur. Kurutulan meyveler iki gruba ayrılmış olup ilk grup katkı maddesi eklenmeden kurutulurken, diğer grup ise %85'lik sülfat çözeltisi uygulanarak kurutulmuştur. Her iki gruba uygulanan kurutma kurutma işleminden sonra örneklerde renk değişimi, sertlik ve toplam fenolik içerik incelenmiştir. Sülfat uygulanmayan, diğer bir deyişle katkı maddesi kullanılmayan grupta 60°C'de kurutulan örneklerdeki renk, sertlik ve toplam fenolik içeriğin diğer kurutma denemelerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Park vd. (2006) Trabzon hurması dilimlerini güneşte ve 60°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuştur. Taze ve kurutulan örnekler diyet lifi, besin elementleri (mangan, demir, çinko ve bakır) ve polifenoller açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Diyet lifi ve demir içeriği açısından taze ve kuru örneklerde anlamlı bir fark olmamasına karşın, mangan, çinko, bakır ve polifenollerin taze ürüne göre önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Ayrıca çalışmada, güneşte kurutulan örneklerdeki mangan, çinko, bakır ve polifenol değerlerinin, 60°C konvektif kurutma yöntemiyle kurutulan numunelerden nispeten daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Nicoletti vd. (2007) bütün haldeki Trabzon hurmalarını 40 ve 70°C sıcaklıkta konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuştur. Çalışmada 0,8 ve 2,0 m s^{-1} olmak üzere iki farklı

kurutma hava hızı kullanılmış ve kurutulan örneklerdeki askorbik asit değişimi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, 70°C sıcaklıkta ve 2,0 m s^{-1} hava hızında yapılan kurutma denemelerinde askorbik asit değerinin azaldığı, buna karşın 40°C sıcaklıkta ve 0,8 m s^{-1} hızda yapılan kurutma denemelerinin ise askorbik asit açısından daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Jung vd. (2007) Trabzon hurmasını 1 mm Hg basınç altında -3°C sıcaklıkta 48 saat boyunca vakumla kurutulmuş ve kurutulan meyvelerin sodyum, potasyum, demir, mangan, bakır, çinko, diyet lifi, toplam fenolik, toplam antioksidan aktivite ve fenolik asitlerini taze ürünle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Taze ürünler yaş baz, kuru ürünler ise kuru baza göre değerlendirildiği için kuru örneklerde elde edilen sonuçlar tazelerden daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, kurutulduktan sonra toz haline getirilmiş Trabzon hurmasının, çeşitli gıda ürünlerine eklenmesi ile ürünlerin besleyici yönünün önemli oranda arttıracağının altı çizilmiştir.

Igual vd. (2011) Rojo Brillante çeşidi Trabzon hurmasını 65 mm çapında silindir şeklinde ve 5 mm kalınlıkta daire şeklinde keserek konvektif kurutma ile kurutmuştur. Kurutma işleminden önce, Trabzon hurması dilimleri, ön işlem olarak oda sıcaklığındaki (25°C) 63° Brix değerine sahip sükroz çözeltisinde 3 saat boyunca bekletilmiştir. Bekletme işleminin ardından örnekler, 80°C sıcaklık ve 1,6 m s^{-1} hava hızında 2, 4, 6, 8, 12, 24 ve 48 saat süre ile kurutulmuştur. İki farklı şekilde dilimlenerek ön işlem uygulanan ve kontrol amacıyla ön işlemsiz kurutulan Trabzon hurmaları oda sıcaklığında 35 gün boyunca vakumlu kaplar içerisinde bekletilmiştir. Sonuç olarak, dairesel kesimli örneklerin uniform kurumanın yanı sıra duyusal analiz ve renk parametreleri açısından da daha başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca, 8 saatlik kuruma süresinin hem ön işlemli hem de kontrol grubundaki dairesel kesimli örnekler için duyusal analizler ve renk parametreleri açısından en ideal kuruma süresi olduğu belirlenmiştir.

Doymaz (2012) 5 mm kalınlığında kesilen Trabzon hurmasını 50, 60 ve 70°C'de konvektif kurutma ile kurutmuş olup ön işlem olarak örneklerin bir kısmına haşlama işlemi uygulamış ve diğer örneklerle karşılaştırmalı olarak yöntemlerin kurutma

kinetiğini incelemiştir. Haşlama işleminin kuruma hızı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Kurutulan örneklerin modellenmesi için altı farklı ince tabaka kurutma eşitliği uygulanmış ve Midilli vd., Page ve Weibull modellerinin deneysel verilere en uygun modeller olduğu tespit edilmiştir. Haşlanmış ve kontrol grubundaki örneklerin aktivasyon enerjileri sırasıyla 30,64 ve 43,26 kj mol^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Hernández-Ortega vd. (2013) havuç püresini 700W'da mikrodalga ve 60°C'de konvektif kurutma yöntemleri ile kurutmuş ve kurutulmuş ürünlerdeki toplam fenolik ve toplam karotenoid içeriğini taze ürünle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Kurutulmuş ürünlerde taze materyale en yakın toplam karotenoid içeriği 700 W'ta ölçülürken, toplam fenolik içerik açısından 60°C'de taze ürüne en yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Bölek ve Obuz (2014) Trabzon hurmasını (*Diospyros kaki* 'Fuyu') 50, 65 ve 80°C'de kurutmuş olup ürünlerin hem kurutma sonrası hem de otuz, altmış ve doksan günlük depolamanın ardından renk, askorbik asit ve toplam fenolik içeriğini analiz etmiştir. Kurutulan ürünlerdeki kırmızılık ($a°$) değerinin en yüksek olduğu kurutma metodunun 50°C olduğu görülürken, parlaklık ($L°$), sarılık ($b°$) ve askorbik asit içeriğinin maksimum düzeyde korunduğu kurutma yönteminin ise 65°C olduğu saptanmıştır. En yüksek toplam fenolik içerik ve sertlik değerleri ise 80°C'de ölçülmüştür. Doksan günlük depolama süresi sonunda kırmızılık ($a°$) değeri hariç tüm kalite parametrelerinde azalma gözlemlenmiştir. En yüksek askorbik asit içeriği, sertlik ve sarılık ($b°$) değeri 65°C'de saptanırken, toplam fenolik içeriğin ise 80°C'de maksimum seviyede olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, en yüksek parlaklık ($L°$) değeri ise 50°C'de belirlenmiştir.

Karaaslan (2014) yaş baza göre ilk nem içeriği %75,21 olan 200 gram ağırlığındaki Trabzon hurması dilimlerini son nem içeriği %15,00 oluncaya dek 0,9, 1,8, 2,7, 3,6 ve 4,5 W g^{-1}'de sırasıyla 104, 41, 31, 25 ve 18 dakikada kurutmuştur. Çalışmada, deneysel veriler on bir farklı ince tabaka kurutma eşitliği ile modellenmiştir. En iyi kurutma modelinin belirlenmesi için belirtme katsayısı (R^2), tahmini standart hatası (SEE) ve kalanların kareleri toplamı (RSS) kullanılmış olup deneysel verilere en yakın sonuçlar Midilli ve Küçük modeli ile elde edilmiştir.

Karaman vd. (2014) Trabzon hurmasını dondurarak, vakumla ve konvektif kurutma yöntemleri ile kurutmuş ve kurutulan örneklerin protein, esmerleşme indeksi, renk parametreleri ($L°$, $a°$, $b°$) ve toplam fenolik içeriğini incelemiştir. Çalışmada, renk parametreleri ve toplam fenolik içeriğinin en iyi korunduğu yöntemin dondurarak kurutma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, en yüksek esmerleşme indeksi vakumla kurutmada saptanırken, en yüksek protein içeriği ise konvektif kurutma yönteminde elde edilmiştir.

Kaya vd. (2015) Trabzon hurmasının kuruma davranışını 0,5, 1,0 ve 1,5 m s^{-1} olmak üzere üç farklı hız ve 40, 50 ve 60°C'de üç farklı sıcaklıkta konvektif kurutma yöntemi ile belirlemiş ve kurutulmuş örneklerdeki renk parametreleri ve protein içeriğini taze ürünle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Kuruma verileri Lewis, Henderson ve Pabis, iki terimli eksponansiyel ince tabaka kurutma eşitlikleri ile modellenmiştir. Çalışmada hava hızının 0,5 m s^{-1}'den 1,5 m s^{-1}'e çıkarılmasıyla birlikte kuruma süresinin %53,0 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Kurutma havası hızı 1 m s^{-1}'de sabit tutularak kurutma sıcaklığının 40°C'den 60°C'ye yükseltilmesi ile kuruma süresinin %57,5 oranında azaldığı belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının, kurutma hava hızına kıyasla kuruma süresi üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür. En yüksek parlaklık ($L°$) ve sarılık ($b°$) 60°C'de ölçülürken, 40°C'de kırmızılık ($a°$) değeri maksimuma ulaşmıştır. Protein içeriğinin ise kurutma sıcaklığının artışına paralel olarak arttığı tespit edilmiştir.

Çalışkan ve Dirim (2015) püre halindeki Trabzon hurmasını dondurarak kurutma tekniği ile kurutmuştur. Deneysel kurutma verileri on farklı ince tabaka kurutma eşitliği ile modellenmiş ve sırasıyla 0,994, 0,0250 ve 0,0009 olarak belirlenen R^2, $RMSE$ ve χ^2 değerlerine göre en başarılı kurutma eşitliğinin Logaritmic modeli olduğu belirlenmiştir. Taze ürüne kıyasla kurutulmuş örnekte parlaklığın ($L°$) arttığı, bu karşın kırmızılık ($a°$) ve sarılık ($b°$) değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir.

Hanif vd. (2015a) nem içeriği %82 olan Trabzon hurmasını 40, 50 ve 60°C'de güneşli kurutucuda %10 nem içeriğine ulaşıncaya dek sırasıyla 26, 20 ve 16 saatte kurutmuş ve Deneysel kurutma verilerini on iki farklı ince tabaka kurutma eşitliği ile modellemiştir.

Buna göre, R^2 ve *RMSE* değerlerine bakılarak deneysel verilere en yakın sonuçlar, Hi vd. eşitliği ile elde edilmiştir.

Hanif vd. (2015b) 0,5, 1,0 ve 1,5 cm kalınlığında dilimlenen Trabzon hurmasını 45, 55 ve 65°C'de güneşli kurutucuda kurutmuş olup kurutma sıcaklığının artması ile kuruma süresinin azaldığını belirlemiştir. Çalışmada, en yüksek C vitamini 1,5 cm kalınlığında kesilen ve 45°C'de kurutulan örneklerde ölçülmüştür.

Kapoor ve Aggarwal (2015) 60°C'de konvektif kurutma ve -30°C'de dondurarak kurutma yöntemlerinin havucun biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Konvektif kurutma yöntemine göre, dondurarak kurutulan örneklerdeki toplam karotenoid ve beta katoten içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 60°C'de kurutulan numunelerdeki toplam fenolik içeriğin dondurarak kurutulan örneklere kıyasla önemli ölçüde korunduğu saptanmıştır.

Senica vd. (2016) olgunlaşmamış ve olgun Trabzon hurmasını (*Diospyros kaki* Thunb.) örneklerine 45°C'de konvektif kurutma metodu ile 42 saat boyunca kurutmuş ve kurutulan örneklerdeki renk, toplam fenolik, toplam tanin, toplam şeker, karotenoidler ve organik asitleri (okzalik, sitrik, tartarik, malik ve fumarik asit) taze ürünle karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. En yüksek toplam fenolik, toplam tanin ve organik asitler olgunlaşmamış taze Trabzon hurması örneklerinde tespit edilirken, toplam şeker ve organik asitler açısından en yüksek değerler ise olgunlaşmış taze Trabzon hurmasında ölçülmüştür. Renk parametreleri açısından en iyi sonuçlar olgunlaşmamış kuru Trabzon hurması örneklerinde analiz edilmiştir. Ayrıca, en yüksek toplam karoten içeriği ise olgunlaşmış kuru Trabzon hurması örneklerinde tespit edilmiştir.

Sampaio vd. (2017) Trabzon hurmasını (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) 50, 55 ve 60°C'de konvektif kurutma yöntemi ile kurutmuş ve deneysel verileri on farklı yarı deneysel kurutma eşitliği ile modellemiştir. En yüksek korelasyon katsayısı (R^2) ve en düşük ki-kare ($\chi 2$) değerine göre en iyi model Midilli eşitliği olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 50, 55

ve 60°C'deki kurutma işlemlerinin etkin kütle yayılım katsayısı ise sırasıyla 1,04 x 10^{-6}, 1,40 x 10^{-6} ve 8,27 x 10^{-7} m^2 s^{-1} olarak tespit edilmiştir.

Giovagnoli-Vicuña vd. (2017) 60 x 20 x 6 mm boyutlarında küp şeklinde kesilmiş Trabzon hurmasını 60°C'de 1,5 m s^{-1} hava hızında kurutmuş ve kurutulan örneklerde renk değişimi, esmerleşme indeksi ve gözenek yapısındaki değişimi araştırmıştır. Taze ürünlere kıyasla, küp şeklinde kesilerek kurutulan örneklerde gözenek yapısında önemli bir düzeyde değişim olmadığı görülmüştür. Kurutulmuş örneklerin parlaklık ($L°$), kırmızılık ($a°$) ve sarılık ($b°$) değerlerinin taze örneklere göre önemli ölçüde azaldığı, buna karşın esmerleşme indeksinin ise arttığı tespit edilmiştir.

Demiray ve Tülek (2017) kabukları soyulmuş bütün Trabzon hurmasını, 20°C'de %20'lik sakkaroz çözeltisinde 15 dakika bekletme ve 70°C'de 20 dakika haşlama işlemi olmak üzere iki farklı ön işleme tabii tutarak 55, 65 ve 75°C'de kurutmuştur. Her iki ön işlemden sonra örneklerin sıcaklığı oda sıcaklığına ulaşıncaya dek bekletilerek konvektif kurutma işlemleri başlatılmıştır. Deneysel veriler beş farklı ince tabaka kurutma eşitliği ile modellenmiş olup deneysel verilere en yakın tahmin verilerinin Page ve Modified Page eşitlikleri ile elde edildiği görülmüştür. En kısa kuruma süresi 75°C'de haşlama ön işlemi uygulanan örneklerde ölçülürken, en uzun kurutma işlemi ise ön işlem farketmeksizin 55°C'de yapılan kurutma denemelerinde tespit edilmiştir. Haşlanmış ve sakkaroz çözeltisine daldırılmış örneklerin yayılım katsayıları ise sırasıyla 9,237 x 10^{-10} – 10,395 x 10^{-10} m^2 s^{-1} ve 7,755 x 10^{-10} – 9,631 x 10^{-10} m^2 s^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Nouri vd. (2018) Spirulina çeşidi mikroalgleri 25°C'de gölgede, 40°C'de güneşte, 80°C'de konvektif, 3,6 ve 7,2 W g^{-1}'de mikrodalga, 65°C ve 0,007 Mpa koşullarında vakumla, -80°C'de dondurarak ve 170°C'de sprey kurutma yöntemleriyle kurutmuştur. Kurutulan örneklerdeki tiamin, niasin, pridoksin ve folik asit içerikleri taze örneklerle karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Taze ürüne en yakın tiamin ve folik asit sonuçları sprey kurutmada elde edilirken, niasin ve pridoksinin en iyi korunduğu kurutma yönteminin dondurarak kurutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Çelen (2019) 5 mm, 7 mm ve 9 mm olmak üzere üç farklı kalınlıkta dilimlenen Trabzon hurmasını (*Diospyros kaki* L.) 120, 350, 460 ve 600 W'ta mikrodalga kurutma yöntemi kullanılarak kurutmuş ve en kısa kuruma süresini 5 mm kalınlıkta dilimlenmiş örneklerin 600 W'ta kurutulması işleminde tespit etmiştir. Enerji tüketiminin minimum düzeyde olduğu kurutma yönteminin ise 7 mm kalınlıkta 460 W mikrodalga kurutma denemelerinde olduğu saptanmıştır. Taze ürüne oranla renk değişiminin en düşük olduğu kurutma yöntemi, en yüksek mikrodalga çıkış gücü olan 600 W'ta ölçülürken, en fazla renk kaybı ise en düşük mikrodalga çıkış gücü olan 120 W'ta tespit edilmiştir.

Jia vd. (2019) cips şeklinde kesilmiş Trabzon hurmasını 60, 70 ve 80°C'de konvektif, 60, 70 ve 80°C ve 6, 8, 10,7, 22, 30,8 ve 40 W g^{-1} mikrodalga güç yoğunluklarının kombinasyonuyla konvektif-mikrodalga ve 1-20 Pa basınç ve -40°C sıcaklıkta vakumla dondurarak kurutma yöntemleri ile kurutmuştur. Kurutulmuş Trabzon hurması cipslerinde kalite parametreleri olan rehidyasyon kapasitesi, renk parametreleri, beta karoten, toplam fenolik, askorbik asit, şeker içeriği ve duyusal analizlerin yanı sıra enerji tüketimi belirlenmiş olup tüm parametrelere göre en başarılı kurutma yöntemi tespit edilmiştir. Buna göre, en yüksek rehidrasyon kapasitesi, besin içeriği ve renk parametrelerinin elde edildiği vakumla dondurarak kurutma denemelerinde harcanan enerji miktarının çok yüksek ve elde edilen ürün veriminin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Rehidrasyon kapasitesi, renk parametreleri, beta karoten, toplam fenolik, askorbik asit ve şeker içeriği açısından en başarılı kurutma yönteminin 70°C ile 10,7 W g^{-1}'de kombine kurutma yöntemi olduğu görülmüştür. Buna karşın, konvektif kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde tüm kalite parametrelerinde yüksek oranda azalma gözlemlenmiştir.

Bozkır vd. (2019) kabukları soyularak 1,2 x 1,2 x1,2 cm boyutlarında küp şeklinde kesilen Trabzon hurmasının 60°C sıcaklık ve 1,5 m s^{-1} hava hızında kurutulmasında ultrason ve ozmotik dehidrasyon proseslerini içeren ön işlemin kalite parametrelerine etkisini incelemiştir. Ön işlemde örnekler 30°C sıcaklıkta önce Brix değeri 45° daha sonra 70° olan sükroz çözeltilerine daldırılmıştır. Daldırma işlemleri boyunca 35 kHz'de 10, 20 ve 30 dakika boyunca ultrasonik işleme maruz bırakılmıştır. Ön işlemleri tamamlanan numuneler 100 rpm hızda çalkalanarak homojenize edilmiştir. Ultrasonik

destekli ozmotik dehidrasyon ön işlemlerinden geçirilen örnekler, işlem yapılmamış örneklere kıyasla %21 oranında daha hızlı kurumuştur. Ayrıca, 30 dakikalık ultrasonik prosesin uygulandığı ön işlemin, numunelerin toplam fenolik içeriğini önemli ölçüde artırdığı, buna karşın 10 dakikalık ön işlemde ise en yüksek renk parametrelerinin elde edildiği görülmüştür.

Khan vd. (2019) Trabzon hurmasını %5'lik sitrik asit çözeltisi ile muamele (T_1), %3'lük potasyum metabisülfit çözeltisi ile muamele (T_2) ve %2'lik askorbik asit çözeltisi ile muamele (T_3) olmak üzere üç farklı ön işleme tabii tutarak ve herhangi bir ön işlem uygulanmaksızın kontrol şartlarında (T_0) güneşte kurutmuştur. Kurutma işleminin ardından örnekler uygun depolama koşullarında 4 ay süreyle depolanmış ve her 30 günde bir tüm örneklerde pH, katı madde oranı, askorbik asit, toplam fenolik, mineral bileşen ve renk değişimleri incelenmiştir. Buna göre, 120 günlük depolama süresi boyunca pH değerinde anlamlı bir değişim gözlenmemesine karşın, dört grupta da Brix değerinde %1'lik artış olduğu saptanmıştır. Ön işlem olarak askorbik asitle muamale edilen T_3 grubunda en yüksek askorbik asit değeri ölçülürken, %3'lük potasyum metabisülfit çözeltisi ile muamele edilen T_2 grubu örneklerin askorbik asit içeriğinin de oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dört aylık depolama süresinin sonunda, en yüksek toplam fenolik, mineral kompozisyon ve renk parametreleri T_2 grubu örneklerde ölçülmüştür.

Sarkar vd. (2020) ananas püresini 60°C'de konvektif kurutma, -50°C'de dondurarak kurutma, 10,0 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma ve 60,0 W g^{-1} – 40°C'de kombine konvektif-mikrodalga kurutma yöntemlerini kullanarak kurutmuş ve kurutma yöntemlerinin suda çözünen vitaminlere etkisini araştırmıştır. Buna göre, en yüksek tiamin ve niasin değerleri dondurarak kurutma yönteminde elde edilmiştir. Mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulmuş örneklerde Piridoksin içeriği en yüksek sonuçlara ulaşırken, C vitamini için en başarılı sonuç kombine konvektif-mikrodalga tekniğinde ölçülmüştür.

Kayacan vd. (2020) dilimlenmiş Trabzon hurmasını sıcak hava, infrared, ultrason destekli vakum ve dondurarak kurutma olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemiyle

kurutmuş ve kurutulan örneklerde toplam fenolik, flavonoid, antioksidan kapasitesi, beta karoten, likopen, şeker içeriği ve renk parametrelerini taze ürünle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. En kısa kuruma süresi, dondurarak kurutma denemelerinde elde edilirken, en uzun kuruma süresi ise sıcak hava ile kurutma yönteminde saptanmıştır. Dondurarak kurutma yöntemi dışındaki tüm kurutma yöntemlerinde, kalite parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı değişimler gözlemlenmiştir. En düşük beta karoten, likopen ve antioksidan kapasitesi sıcak hava ile kurutma yönteminde analiz edilmiştir. Sonuç olarak, tüm kalite parametreleri açısından dondurarak kurutma yönteminin en uygun yöntem olduğu belirlenmiştir.

Khaled vd. (2020) 5 ve 8 mm kalınlığında dilimlenmiş Trabzon hurmasını 55 mbar ve 50, 60 ve 70°C'de vakumla ve 50, 60 ve 70°C ve 1,10 m s^{-1}'de sıcak hava ile kurutmuştur. En kısa kuruma süresi, 70°C'de 5 mm kalınlıkta kesilen numunelerin kurutulması işleminde belirlenirken, en uzun kuruma süresi ise 50°C'de 8 mm kalınlıkta dilimlenen örneklerin kurutulmasında ölçülmüştür. Deneysel kurutma verileri on farklı ince tabaka kurutma eşitliği ile modellenmiş ve R^2 değerlerine göre deneysel verilere en yakın tahmin sonuçları Page ve Logaritmic eşitlikleri ile elde edilmiştir.

Milczarek vd. (2020) 2 ve 6 mm kalınlığında cips şeklinde dilimlenen Hachiya çeşidi Trabzon hurmasını 63°C'de konvektif kurutma yöntemiyle dilim kalınlığına bağlı olarak sırasıyla 5 ve 10 saatte kurutmuş ve kurutulmuş numunelerin toplam fenolik, antioksidan aktivitesi, taninler, askorbik asit, malik asit, sitrik asit, fumarik asit, früktoz, glukoz, sükroz ve karotenoid içeriğini belirlemiştir. Kurutulan örnekler, polikarbon plastik kutular içerisinde 20°C'de 1 yıl boyunca depolanmıştır. Tüm kalite parametreleri açısından 1 yıllık depolama süresinin sonunda en yüksek değerler 2 mm kalınlıkta dilimlenen örneklerde ölçülmüştür.

Senadeera vd. (2020) Rojo Brillante çeşidi Trabzon hurmasını 45, 50, 55, 60 ve 65°C'de konvektif kurutma yöntemi ile kurutmuş olup deneysel verileri dört farklı kurutma ve üç farklı büzüşme modeli ile modellemiştir. Kurutma kinetiği açısından deneysel verilere en yakın tahmin sonuçları Page eşitliği ile elde edilirken, büzüşme açısından deneysel verilere en yakın modelinin Quadratic modeli olduğu belirlenmiştir. Taze ürüne en

yakın sarılık (*b*) değeri 55°C'de ölçülmüş olup parlaklık (*L*), kırmızılık (*a*) ve hue açısı (*H*°) açısı bakımından tazeye en yakın sonuçlar 65°C'de elde edilmiştir. Benzer şekilde, en düşük toplam renk değişimi (*ΔE*) ise 65°C'de konvektif kurutma yönteminde belirlenmiştir.

Anjum vd. (2021) Trabzon hurmasını 60°C'de konvektif kurutma ve -60°C ile 4 x 10^{-4} mbar basınçta dondurarak kurutma yöntemiyle kurutmuş ve kurutulan örneklerde taze örneklerle karşılaştırmalı olarak kül, protein, lif, yağ, C vitamini, antioksidan aktivitesi, toplam fenolik içeriği, mineral madde içeriği ve renk parametrelerini araştırmıştır. Taze numunelere en yakın renk parametreleri, C vitamini, antioksidan aktivite ve toplam fenolik içerik dondurarak kurutmada elde edilirken, kül, protein, lif, yağ ve mineral madde içeriğinin maksimum düzeyde korunduğu yöntemin ise konvektif kurutma yöntemi olduğu saptanmıştır.

Pinar vd. (2021) Bozok çeşidi kırmızı biberleri 34,5°C'de gölge ve güneşte, 60 ve 80°C'de konvektif kurutma, 300 ve 600 W'ta mikrodalga kurutma ve -55°C'de dondurarak kurutma yöntemlerinin yanında sıcaklığın gün içinde 25,8 – 42,5°C arasında değiştiği sera tipi kurutucuda kurutmuştur. En yüksek askorbik asit içeriği dondurarak kurutma yönteminde elde edilirken, en düşük sonuç ise sera tipi kurutucuda kurutulan örneklerde ölçülmüştür.

Tepe ve Ekinci (2021) bütün haldeki hünnap meyvesini 50, 60 ve 70°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve taze numunelere en yakın C vitamini, tiamin ve niasinin 50°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde elde edildiğini saptamıştır.

Alibas vd. (2021) fesleğen yapraklarını, 25°C ve %60-65 bağıl nemde gölge bir ortamda doğal, 50°C'de konvektif ve 4,0, 12,0, 20,0, 28,0 ve 36,0 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma yöntemlerini kullanarak kurutmuştur. Taze örneklere en yakın E vitamini ve piridoksin sonuçları 20,0, 28,0 ve 36,0 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde ölçülürken, tazeye en yakın niasin içeriği ise doğal kurutmanın yanı sıra

20,0, 28,0 W g^{-1}'de kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Ayrıca, kurutma yöntemleri arasında C vitamini açısından en yüksek sonuçlar 20,0 W g^{-1}'de elde edilmiştir.

Vivek vd. (2021) 4, 6 ve 8 mm kalınlıkta dilimlenen Trabzon hurmasını 50, 60 ve 70°C sıcaklık ve 0,5, 1,0 ve 1,5 m s^{-1} hava hızının kombinasyonlarını kullanılarak konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuştur. Materyal kalınlığının kurutmaya etkisinin yanı sıra kurutulan örneklerin C vitamini, esmerleşme indeksi ve su alma kapasitesini incelemiştir. Tüm kalite parametrelerine göre, optimum kurutma yöntemi, 60°C sıcaklık ve 1,5 m s^{-1} hava hızında, 4 mm kalınlıkta dilimlenen örneklerde tespit edilmiştir.

Zhao vd. (2021) Trabzon hurmasını 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda konvektif kurutma ve -70°C sıcaklıkta dondurarak kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve kurutulan örneklerde toplam fenolik içerik, antioksidan aktivite, toplam flavonoid ve beta karoten içeriğini araştırmıştır. Tüm kalite parametreleri açısından en yüksek sonuçların dondurarak kurutma yönteminde elde edildiği, buna karşın bu yöntemin gerek yatırım gerekse işletim maliyeti açısından konvektif kurutmaya kıyasla oldukça yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Sarkar vd. (2022) mango kabuklarını 35°C'de güneşte, 70°C'de konvektif, -40°C'de dondurarak ve 8,89 W g^{-1} güç yoğunluğunda mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutmuştur. Taze örneklere en yakın C vitamini sonuçları dondurarak kurutma yönteminde elde edilmiş ve bunu mikrodalga kurutma yöntemi izlemiştir. Konvektif kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde en yüksek tiamin içeriği elde edilirken, en yüksek niasin ve folik asit mikrodalga yöntemi ile kurutulan numunelerde belirlenmiştir. En yüksek piridoksinin sonuçları ise 35°C'de güneşte kurutma yönteminde ölçülmüştür.

Khaliq vd. (2022) %25 bal, %25 aloe vera, %2 sodyum benzoat, %1 potasyum metabisülfat ve %2 sitrik asit çözeltileri içinde bekleterek ön işlem uygulanmış Trabzon hurmasını 40, 45 ve 50°C'de konvektif kurutma yöntemi kullanarak kurutmuştur. Çalışmada, kuruma süresi, C vitamini ve toplam alınabilir şeker içeriği açısından en

başarılı kurutma uygulamasının 50°C sıcaklıkta ve sitrik asit ön işleminde gerçekleştiği saptanmıştır.

Wei vd. (2022) 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 ve 3,0 cm kalınlıklarında dilimlenmiş Trabzon hurmasını 140, 210, 280, 350 ve 420 W mikrodalga çıkış güçlerinde kurutmuştur. Çalışmada, en yüksek C vitamini ve toplam şeker içeriği 280 W mikrodalga çıkış gücünde elde edilirken, en yüksek tanin, toplam fenolik ve antioksidan aktivite ise 420 W'ta ölçülmüştür. Ayrıca, tüm kalite parametreleri açısından en uygun ürün kalınlığının 3,0 cm olduğu belirtilmiştir.

Lim ve Eom (2022) Trabzon hurmasının etli kısmını ve kabuklarını dondurarak ve 30, 60 ve 90°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş olup kurutulan örneklerdeki toplam fenolik, antioksidan aktivite ve toplam flavonoid içeriklerini incelemiştir. Meyvenin etli kısmı için en yüksek kalite parametreleri dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilirken, kabuk için en yüksek değerler 90°C'de konvektif kurutmada ölçülmüştür.

Qui vd. (2022) Gongcheng çeşidi Trabzon hurmalarını 280, 350, 420, 490 ve 560 W mikrodalga çıkış güçlerini kullanarak mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutmuş ve mikrodalga çıkış gücünün artmasıyla kuruma süresinin azaldığını vurgulamıştır. Ayrıca, mikrodalga çıkış gücünün artmasıyla protein ve E vitamini içeriğinin azaldığı, buna karşın C vitaminin ise arttığı gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Materyal

Trabzon hurması

Çalışmada kullanılan Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu) Bursa Hikmet Şahin Kent halinden temin edilmiştir. Hasat edildikten sonra her hangi bir ön işlemden geçmeyen meyveler soğuk zincirle vakit kaybetmeksizin Bursa Uludağ Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kurutma ve Soğutma Laboratuvarı'na nakledildikten sonra yıkanmış ve sağlıklı olanları seçilerek kurutma işlemlerinin bitimine dek nemini kaybetmemesi için ıslak yastıklarla çevrili olarak +4°C'de atmosfer kontrollü bir soğutucuda (Vestel, Puzzle NF665X, Türkiye) muhafaza edilmiştir. Ortalamayı temsil eden sağlıklı Trabzon hurması numuneleri, kabukları soyulmadan dikine kesitler halinde 5 mm kalınlıkta dilimlenmiştir.



Şekil.3.1. Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu) (Anonim, 2022)

3.2.Kullanılan Cihazlar, Kimyasallar ve Sarf Malzemeler

3.2.1. Kombine kurutucu

Kurutma işlemleri sıcak hava, mikrodalga ve bu iki yöntemin birlikte kullanılması ile gerçekleşen kombine sıcak hava-mikrodalga kurutma fonksiyonları bulunan bir kurutucu (Elektrolux, EVY7800AAX, İsveç) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma koşulları 230 V~, 20A, 50 Hz ve 3000W olan programlanabilir kurutucunun kurutma alanı 800 x 430 x 210 mm boyutlarında olup kurutma işlemlerinin gerçekleştirildiği tepsi boyutları ise 410 x 320 mm'dir. Kuruma süresi fırının kontrol panelinde bulunan geri sayımlı dijital bir zaman göstergesi aracılığıyla ölçülmüştür. Kurutucu, 30°C ile

230°C arasında 5°C hassasiyetle kırk farklı sıcaklık kademesinde ve 100 - 1000 W arasında on ayrı mikrodalga çıkış gücünde çalışabilmektedir. Çalışmada kullanılan kombine kurutucu Şekil 3.2 (a)'da gösterilmiştir.

3.2.2. Etüv

Trabzon hurmasının ilk nem içeriğinin belirlenmesi için örnekler 105°C sıcaklıkta 24 saat boyunca etüvde (Nüve, FN 120, Türkiye) tutulmuştur. Örneklerin etüve girmeden önce alınan ağırlıkları ve 24 saatlik süre bitiminde etüvden çıktıktan sonra alınan ağırlıklarından yola çıkarak hem kuru hem de yaş baza göre nem içerikleri hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan etüv Şekil 3.2 (b)'de gösterilmiştir.

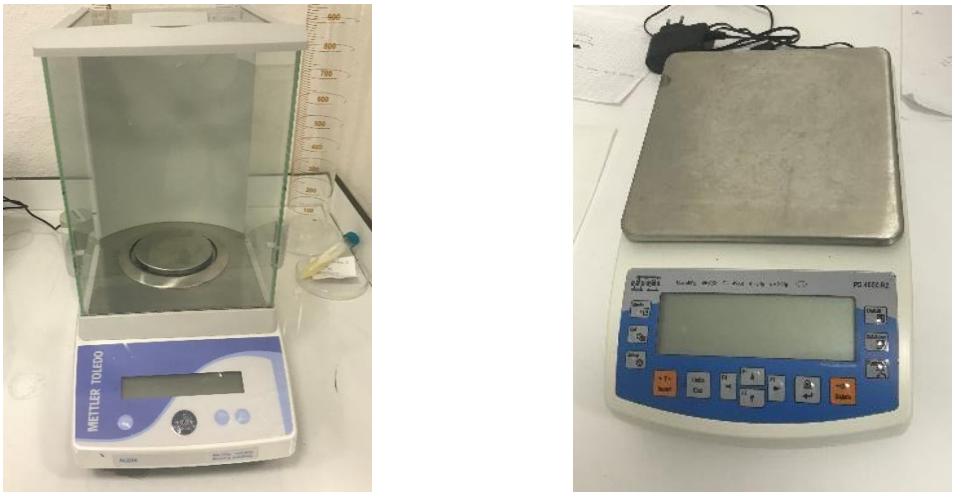


(a) **(b)**

Şekil 3.2. (a) Kombine kurutucu fırın (b) Etüv

3.2.3. Hassas teraziler

Kurutma işlemlerine başlanmadan önce kurutulacak materyalin ilk neminin belirlenmesi işleminde 0,0001 g hassasiyete sahip manuel kalibrasyonlu bir hassas terazi (Mettler-Toledo, ME-203, İsviçre) kullanılmıştır. Kurutma işlemleri öncesinde ve esnasında örneklerin ağırlık azalımlarının takibini sağlamak için 0,01 g hassasiyete sahip otomatik kalibrasyonlu analitik bir teraziden (Radwag, PS 4500 R2, Polonya) yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan hassas teraziler Şekil 3.3 (a) ve (b)'de gösterilmiştir.



(a) **(b)**

Şekil 3.3. (a) Hassas terazi **(**b) Analitik terazi

3.2.4. Santrifüj cihazı ve mikropipetler

Trabzon hurması ekstratlarının katı ve sıvı fazlarının birbirinden ayrılması için 50 ml hacimli santrifüj tüplerinin kullanımına uygun soğutmalı santrifüj cihazı (Nüve, NF 800R, Türkiye) ve 15 ml hacimli santrifüj tüplerinin kullanımına uygun olan santrifüj cihazı (Nüve, NF 200, Türkiye) kullanılmıştır. Analizlerde 2 µl ile 10 ml arasında değişen çok küçük hacimlerin ölçülmesi için otomatik pipetlerden (ISOLAB, Almanya) faydalanılmıştır. Hazırlanan ekstrat, solüsyon ve kimyasal çözeltilerin anlık olarak karıştırılması için vorteks (Velp Scientifica, F202A0173 Classic, İtalya) kullanılmıştır. Şekil 3.4 (a)'da soğutmalı ve soğutmasız santrifüj, (b)'de mikropipetler ve (c)'de ise vorteks gösterilmiştir.





(a)





(b) **(c)**

Şekil 3.4. (a) Soğutmalı ve soğutmasız santrifüjler (b) Mikropipetler (c) Vorteks

3.2.5. Su banyosu ve pH-metre

Hazırlanan çözelti ve kimyasalların belirli sıcaklıklarda homojen bir şekilde karıştırılarak reaksiyona girmesini sağlamak için sıcaklık ayarlı çalkalamalı su banyosu (Nüve, ST 30, Türkiye) kullanılmıştır. Çözeltilerin analiz protokolünde istenilen asitlik veya bazlık değerlerinde ayarlanması için bir pH-metreden (Mettler-Toledo, Seven2Go, İsviçre) faydalanılmıştır. Şekil 3.5 (a)'da çalkalamalı su banyosu ve (b)'de pH metre gösterilmiştir.



(a) **(b)**

Şekil 3.5. (a) Çalkalamalı su banyosu (b) pH-metre

3.2.6. Renk ölçüm cihazı

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin renk parametrelerinin ($L°$, $a°$, $b°$, C ve $\alpha°$) ölçümleri otomatik kalibrasyonlu noktasal ölçüm yapan bir renk ölçer (Konica-Minolta, CR-10 Plus, Japonya) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan renk ölçüm cihazı Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Renk ölçüm cihazı (Kolorimetre)

3.2.7. Toplam protein analizinde kullanılan cihazlar

Taze ve kurutulmuş örneklerdeki toplam protein miktarı modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Yakma bloğunda (Buchi, K-437, İsviçre) yakılan örnekler buharlı damıtma cihazında (Buchi, K-350, İsviçre) damıtılmıştır. Çalışmada kullanılan yakma bloğu ve damıtma cihazı sırasıyla Şekil 3.7 (a) ve Şekil 3.7 (b)'de gösterilmiştir.



(a) **(b)**

Şekil 3.7. (a) Yakma bloğu sistemi (b) Damıtma cihazı

3.2.8. Makro ve mikro besin elementi analizlerinde kullanılan cihazlar

Yapılan denemelerde örneklerin kimyasallarla tepkimeye girmesi için sıcaklığının kademeli olarak 350°C'ye kadar çıkabilen bir ısıtıcı tabladan (Stuart, SB 500, Almanya) faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan ısırıcı tabla Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Isıtıcı tabla

Taze ve kurutulmuş örneklerin besin elementlerinin analizlerinde, örneklerin tepkimeye girmesi sonucu açığa çıkan tehlikeli gazların ortamdan uzaklaştırılması için çeker ocak (Hedlab, Hedlab xpro, Türkiye) içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan çeker ocak Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Çeker ocak

Yakma işlemleri tamamlanan taze ve kurutulmuş örneklerdeki demir (*Fe*), bakır (*Cu*), çinko (*Zn*), magnezyum (*Mg*) ve mangan (*Mn*) değerlerinin belirlenmesinde ICP-OES (PerkinElmer, OPTIMA 2100DV ICP OES, Amerika) cihazı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ICP-OES cihazı Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



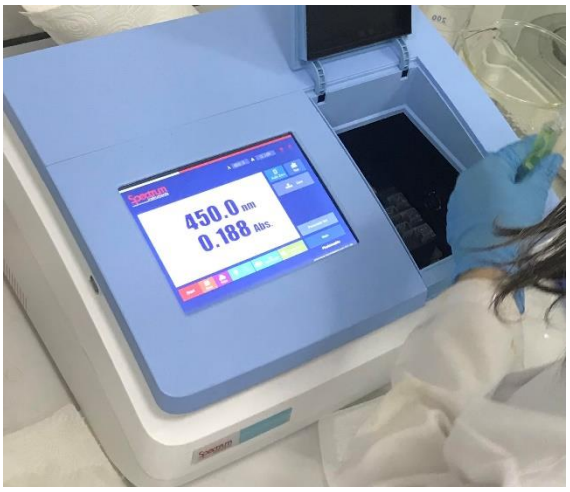
Şekil 3.10. ICP-OES cihazı

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin sodyum (*Na*), potasyum (*K*) ve kalsiyum (*Ca*) değerlerinin belirlenmesinde alev fotometresi (Eppendorf, Elex 6361, Almanya) cihazı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan alev fotometresi Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Alev fotometresi

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinde fosfor (*P*), toplam fenolik bileşenler, antosiyanin içeriği ve DPPH, ABTS ve CUPRAC yöntemlerine göre antioksidan kapasitesi bir UV-VIS Spektrofotometre (Spectrum, SP-UV-300SRB, Almanya) yardımıyla belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan UV-VIS Spektrofotometre Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. UV-VIS spektrofotometre

3.2.9. HPLC Cihazı

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin yağda ve suda çözünen vitamin içeriklerinin analiz edilmesi için yüksek basınçlı sıvı kromatografi cihazı (HPLC) (Agilent, 1260, Amerika) kullanılmıştır. Suda ve yağda çözünen vitaminler ise cihazın C18 kolonuyla ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan yüksek basınçlı sıvı kromatografi cihazı Şekil 3.13'te gösterilmiştir



Şekil. 3.13. HPLC cihazı

3.2.10. Elektrik sayacı

Denemede çalıştırılan kurutma fırınının harcadığı toplam elektrik enerjisinin ölçülmesi sebebiyle monofaze bir elektrik sayacından (Makel, M600 2251, Türkiye) faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan monofaze elektrik sayacı Şekil 3.14'te gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Monofaze elektrik sayacı

3.2.11. Analizlerde kullanılan kimyasallar

Taze ve kurutulan Trabzon hurması örneklerinde antosiyanin tayini için %99 saflıkta sodyum asetat (Sigma-Aldrich, Amerika), %99 saflıkta potasyum klorür (Sigma-Aldrich, Amerika) ve %37 saflıkta hidroklorik asit (Fluka, St. Louis, MO, Amerika) kullanılmıştır.

Toplam fenolik analiz tayini için %99 saflıkta gallik asit (Fluka, St. Louis, MO, Amerika) ve Folin-Ciocalteu reaktifi (FCR) kullanılmıştır.

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinde toplam antioksidan kapasite analizi için %97 saflıkta Trolox (Across, Amerika), %98 saflıkta neokuproin (Sigma-Aldrich, Amerika), %98 saflıkta amonyum asetat (Merck, Almanya), %98 saflıkta bakır klorür (Across, Amerika), %97 saflıkta DPPH radikali (TCI Chemicals, Japonya), %98 saflıkta ABTS tuzu (Sigma-Aldrich, Amerika), %99 saflıkta potasyum persülfat (Merck, Almanya), %99,8 saflıkta metanol (JT Baker, Amerika) ve %99,8 saflıkta etanol (Riedel, Almanya) kullanılmıştır.

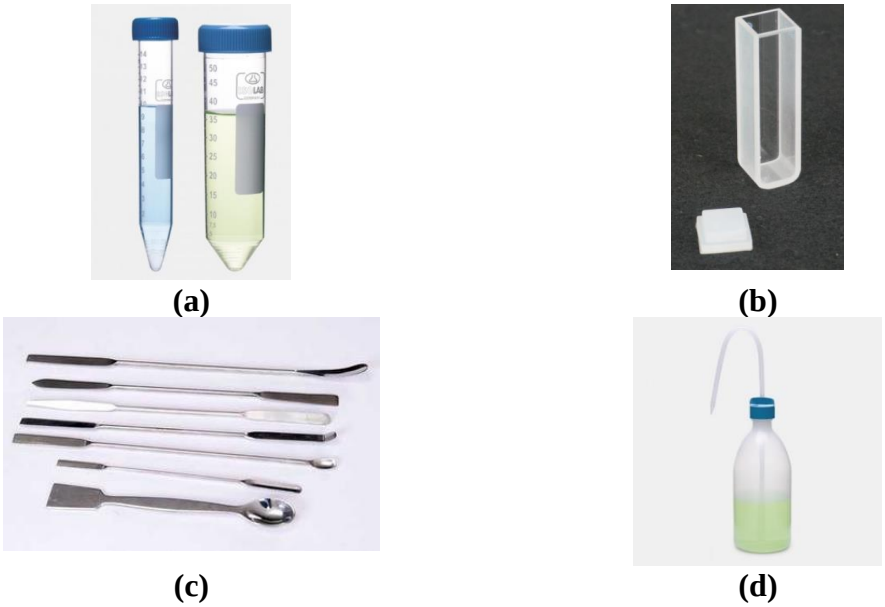
Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinde yapılan HPLC analizlerinde %99,8 saflıkta etanol (Riedel, Almanya), %99,8 saflıkta metanol (JT Baker, Amerika) ve %99,5 saflıkta n-hekzan (Merck, Almanya) kullanılmıştır.

3.2.12. Derin dondurucu ve buzdolabı

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örnekleri protein, besin elementi, toplam fenolik bileşen, antosiyanin, antioksidan kapasite, suda ve yağda çözünen vitamin analizlerine kadar -24°C sıcaklıkta bir derin dondurucuda (Vestel, Puzzle NF665X, Türkiye) muhafaza edilmiştir. Ayrıca, soğuk zincirle laboratuvara nakledilen meyveler kurutma işlemlerine dek kısa bir süreliğine +4°C'de nem kontrollü bir soğutucuda (Vestel, Puzzle NF665X, Türkiye) bekletilmiştir.

3.2.13. Test tüpleri, küvetler, spatüller ve pisetler

Biyokimyasal analizlerin yapılması için 15 ve 50 ml (ISOLAB, Almanya) hacimli santrifüj tüpleri kullanılmıştır. Analizler için hazırlanan kimyasalların miktarları çeşitli boyut ve biçimlerdeki spatüller (ISOLAB, Almanya) yardımıyla ayarlanmıştır. Spektrofotometrik analizlerde kuvars küvetlerden (ISOLAB, Almanya) faydalanılmıştır. Analizler esnasında küvetlerin ve santrifüj tüplerinin dezenfeksiyonunda 500 ml'lik pisetler kullanılmıştır. Şekil 3.15'te santrifüj tüpleri, kuvars küvetler, spatüller ve pisetler gösterilmiştir.



Şekil 3.15. (a) Santrifüj tüpleri (b) Kuvars küvet (c) Spatüller (d) Piset

3.2.14. Cam aparatlar ve havan

Yapılan analizler esnasında farklı hacimlerde ve boyutlarda cam beher, balon joje, erlen, mezür, huni ve karıştırıcılar kullanılmıştır. Kurutulmuş Trabzon hurması örneklerini analizlerde kullanıma uygun hale getirmek için porselen havan ve havanelinden faydalanılmıştır. Şekil 3.16'da kullanılan cam malzemeler ve porselen havan gösterilmiştir.



(a) **(b)**

Şekil 3.16. (a) Cam malzemeler (b) Porselen havan ve havaneli

3.3. Yöntem

3.3.1. Kurutma yöntemi

Kurutma işlemlerinde kullanılacak olan Trabzon hurması meyvelerinin sağlıklı ve ortalamayı temsil eden forma sahip olanları seçilerek, yıkanmış, ardından kurulanmıştır. Meyveler kabukları soyulmadan, dairesel şekilde 5 mm kalınlığında bir dilimleyici yardımıyla (Nicer-Dicer, Plus, Almanya) dikine kesitler halinde dilimlenmiş ve her bir kurutma denemesinde 100,00 ± 0,05 g ürün kurutulmuştur. Gölgeye serilerek yapılan doğal kurutma denemeleri ise 25 ± 1°C sıcaklık ve %60-65 bağıl nem koşullarında doğrudan güneş ışığı almayan kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmiştir.

Konvektif (sıcak hava) kurutma işlemleri 1 m s^{-1} hava hızı ve 70, 100 ve 130°C'de uygulanmıştır. Mikrodalga kurutma denemelerinde ise 3, 4 ve 5 W g^{-1} mikrodalga güç yoğunlukları kullanılmıştır. Buna karşın kombine kurutma denemeleri, konvektif kurutmada kullanılan sıcaklık değerleriyle mikrodalga kurutma yönteminde kullanılan mikrodalga güç yoğunluklarının birlikte uygulandığı 3 W g^{-1} - 70°C, 3 W g^{-1} - 100°C,

3 W g^{-1} - 130°C, 4 W g^{-1} - 70°C, 4 W g^{-1} -100°C, 4 W g^{-1} - 130°C, 5 W g^{-1} - 70°C, 5 W g^{-1} - 100°C ve 5 W g^{-1} - 130°C olmak üzere dokuz farklı kombinasyonda gerçekleştirilmiştir.

Kurutma denemelerinin kütle azalımları gölgede kurutma denemeleri için her altı saatte bir, konvektif kurutma denemeleri için her beş dakikada bir, mikrodalga ve kombine kurutma denemeleri için ise her otuz saniyede bir ölçülmüştür. Materyaldeki sıcaklık ve nem kaybının minimum düzeye indirgemek için kütle ölçümleri 10'ar saniye içinde tamamlanmıştır.

İlk nem içeriğinin belirlenmesi için 0,0001 g hassasiyetli hassas bir terazi yardımıyla başlangıç kütlesi belirlenen numuneler 105°C sıcaklıkta 24 saat boyunca bir etüvde bekletilmiş ve 24 saat sonunda etüvden alınan örneklerin kütleleri tekrar ölçülmüştür. İlk ve son kütlelerden yararlanılarak yaş ve kuru baza göre nem içeriği sırasıyla aşağıda verilen eşitlikler (Eş. 3.1 ve 3.2) yardımıyla hesaplanmıştır;

$$N_{yb} = \frac{(W_t - W_k)}{W_t} \times 100 = \frac{W_s}{W_t} \times 100 \tag{3.1}$$

$$N_{kb} = \frac{(W_t - W_k)}{W_k} = \frac{W_s}{W_k} \tag{3.2}$$

Burada: N_{yb}, materyalin yaş baza göre ilk nem içeriği (%); N_{kb}, materyalin kuru baza göre ilk nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1}); W_t, materyalin ilk ağırlığı (kg); W_k, materyalin kuru ağırlığı (kg); W_s, materyaldeki su ağırlığıdır (kg).

Kuruma hızı (*KH*) aşağıda belirtilen eşitlik (Eş. 3.3) yardımıyla hesaplanmıştır;

$$KH = \frac{N_{t+dt} - N_t}{d_t} \tag{3.3}$$

Burada: *KH*, kuruma hızı (kg_{su} kg_{KM}^{-1} dk^{-1}); N_{t+dt}, $m+dt$ zamanındaki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1}); N_t, t anındaki nem içeriği (kg_{su} kg_{KM}^{-1}) ve dt ise kurutma periyodunda nem içeriğinin hesaplandığı zamandır (dk) (Doymaz vd., 2006).

Ayrılabilir nem oranı (*ANO*) aşağıda belirtilen eşitlik (Eş 3.4) kullanılarak hesaplanmıştır;

$$ANO = \frac{N}{N_o} \tag{3.4}$$

Burada: *N*, herhangi bir zamandaki nem içeriği ($kg_{su}\ kg_{KM}^{-1}$) ve N_o, materyalin ilk nem içeriğidir ($kg_{su}\ kg_{KM}^{-1}$) (Soysal, 2004).

3.3.2. Toplam enerji tüketimi ve özgül enerji tüketimi

Denemelerde kullanılan kurutma fırınının çalışması esnasında harcadığı toplam enerji tüketimi (*TET*) monofaze bir elektrik sayacı yardımıyla tespit edilmiştir. Kurutma fırını, elektrik sayacına doğrudan bağlı olan bir prize takılmış ve denemeler gerçekleşirken harcanan enerji ilk ve son sayaç değerleri okunarak hesaplanmıştır. Özgül enerji tüketiminin (*ÖET*) hesaplanmasında ise aşağıdaki eşitlikten (Eş. 3.5) faydalanılmıştır (Motevali ve vd., 2011);

$$\text{Ö}ET = \frac{TET}{\left(W_0 \cdot \frac{N_o - N_f}{100 - N_f}\right)} \tag{3.5}$$

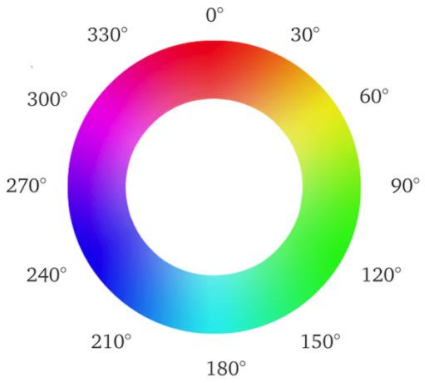
Burada: *ÖET*, özgül enerji tüketimi (kWh kg_{su}^{-1}); *TET*, toplam enerji tüketimi (kWh), W_0, materyalin ilk kütlesi (kg); N_o, materyalin ilk nem içeriği ($kg_{su}\ kg_{KM}^{-1}$); N_f, materyalin kurutmadan sonraki nem içeriğidir ($kg_{su}\ kg_{KM}^{-1}$).

3.3.3. Renk ölçüm yöntemi

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin parlaklık/koyuluk ($L°$), kırmızılık ($a°$), sarılık ($b°$), kroma (C) ve renk açısı ($\alpha°$) değerleri CIELAB metoduna göre çalışan noktasal ölçüm yapan bir renk ölçer yardımıyla ölçülmüştür.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (*CIE*) tarafından geliştirilen bu matematiksel renk tanımlama sisteminde $L°$ ile ölçülen değer 0 ile 100 arasında sayısal değerler

almaktadır. Cihazda okunan $L°$ değeri 0'a yaklaştıkça koyuluğu, 100'e yaklaştıkça parlaklığı ifade etmektedir. Cihazda tanımlanan değerlerden biri olan *"a°"* değeri ise negatif (-) değerlerde yeşilliği ve pozitif (+) değerlerde ise kırmızılığı ifade etmektedir. Benzer şekilde *"b°"* değeri ise negatif (-) sayılarda maviliği ve pozitif (+) sayılarda ise sarılığı, temsil etmektedir. Kroma (C) ise rengin pastel veya canlı tonlara sahip olduğunu ifade etmek için kullanılmakta olup rakamsal değeri arttıkça canlı tonları rakamsal değeri azaldıkça ise pastel tonları belirtmektedir. Renk açısı ($\alpha°$) ise gökkuşağı renklerine sahip 360°'lik dairesel bir skalada hakim rengin bulunduğu açısal bölgeye işaret etmektedir. Açı değerleri ve bu değerlere karşılık gelen renkler Şekil 3.17'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Lab skalasına göre renk açıları (Anonim, 2020)

Toplam renk değişimi (ΔE) kurutulan ürünlerin kurutma işleminden ne ölçüde etkilendiğini belirlemek açısından son derece önemli bir parametre olup aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Yilmaz ve Alibas, 2021):

$$\Delta E = \sqrt{(L_t - L_k)^2 + (a_t - a_k)^2 + (b_t - b_k)^2} \tag{3.6}$$

Burada: t harfiyle ifade edilen değerler taze, k harfiyle ifade edilen değerler ise kurutulmuş örneklerin ilgili renk parametrelerini temsil etmektedir.

Kurutulan ürünlerin kurutma işleminden ne kadar etkilendiğinin önemli göstergelerinden olan esmerleşme indeksi ($Eİ$) ve beyazlaşma indeksi ($Bİ$) de aşağıda verilen eşitliklerle (Eş. 3.7, 3.8 ve 3.9) hesaplanmıştır;

$$x = \frac{a + (1.75 \times L)}{\left[(5.645 \times L) + \left(a - (3.012 \times b)\right)\right]} \quad (3.7)$$

$$E\dot{I} = \frac{[100 \times (x - 0.31)]}{0.17} \quad (3.8)$$

$$B\dot{I} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad (3.9)$$

3.3.4. Termal Özellikler

Trabzon hurmasının özgül ısısı, termal iletkenliği, yoğunluğu, termal difüzivitesi ve termal efüzivitesi sırasıyla Eşitlik 3.10 (Huang vd., 2013), 3.11 (Ruiz-López vd., 2004), 3.12 (Perussello vd., 2014), 3.13 (Koua vd., 2019) ve 3.14 (Lemus-Mondaca vd., 2021) yardımıyla hesaplanmıştır (Alibas ve Yilmaz, 2021).

$$C_p = 837 + 3348\left(\frac{X}{1 + X}\right) \quad (3.10)$$

Burada; *Cp*, özgül ısı (J kg^{-1} K^{-1}) ve *X* ise herhangi bir zamanda kuru baza göre nem içeriğidir (kg_{su} kg_{KM}^{-1}).

$$k = 0{,}49 - 0{,}44\exp(-0{,}206\,X) \quad (3.11)$$

Burada; *k*, termal iletkenliği (W m^{-1} K^{-1}) ifade etmektedir.

$$\rho = 147{,}95\left(\frac{X}{X_0}\right) + 691{,}46 \quad (3.12)$$

Burada; ρ, yoğunluğu (kg m^{-3}) ve X_0, ilk nem içeriğini (kg_{su} kg_{KM}^{-1}) temsil etmektedir.

$$\alpha = \frac{k}{\rho\, C_p} \quad (3.13)$$

$$e = \sqrt{k\ \rho\ C_p} \tag{3.14}$$

Burada; α termal difüzitive ($m^2\ s^{-1}$) ve e ise termal efüzivitedir ($W\ s^{1/2}\ m^{-2}\ K^{-1}$).

3.3.5. Toplam protein, makro ve mikro besin elementi analizleri

Toplam protein tayini

Toplam protein tayini için Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem temelde, içeriğinde azot bulunan materyalin H_2SO_4 ile yakılması sonucunda bünyesindeki tüm azotun $(NH_4)_2SO_4$'e dönüştürülmesi, çözeltinin bazikleştirilmesi ve ortaya çıkan NH_3'ün damıtılması ile standart bir asit çözeltisinde biriktirilmesi sonrası nötrleşmeyen fazla asit miktarının titrasyonla hesaplanmasına dayanmaktadır.

Kjeldahl yöntemi yakma, damıtma ve titrasyon olmak üzere üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk basamak olan yakma işleminde yakma tüpüne alınan 0,2 – 0,5 g iyice parçalanmış örneğe 5 g yakma tuzu ve %99 saflıkta 15 ml H_2SO_4 ilave edilmiştir. Kaynama taşı ya da cam boncuk eklenerek yakma bloğuna alınan yakma tüpleri önce 200 - 250°C'de 30 dakika daha sonra 350 - 380°C'de en az 60 dakika boyunca yakılmıştır. Yakma işlemi esnasında örnekler kontrol edilmiş ve eğer örneklerdeki siyahlık gitmemiş ise örnek renkleri mavi- yeşil bir hal alana kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma süresince örnekler içerisinde bulunan organik bileşenler kimyasal karışımların içindeki oksijenle tepkimeye girmiş ve organik bileşenler parçalanmıştır. Yakma sonucu yakma tüplerindeki örneklere 100 ml saf su ilave edilerek soğumaya bırakılmıştır.

İkinci aşama olan damıtma işleminde yakma tüplerinde soğumuş halde bulunan çözeltiler damıtma cihazına yerleştirilmiş ve cihazda otomatik olarak çözeltinin içine 4-5 ml %40'lık sodyum hidroksit ilave edilmiştir. Aynı zamanda damıtma cihazının geri soğutucu çıkışına erlenmeyer içerisinde 30 ml borik aside 3 - 4 damla indikatör

eklenerek oluşturulan çözelti konulmuştur. Damıtma işlemine toplamda 100 - 150 ml destilant (amonyum borat) elde edilene kadar devam edilmiştir. Damıtma işlemi tamamlandıktan sonra geri soğutucunun ucu saf su ile yıkanarak her denemeden önce temizlenmiştir.

Son basamak olan titrasyon aşamasında, amonyum borat çözeltisi otomatik büret kullanılarak 0,1 M H_2SO_4 çözeltisi ile titre edilerek nötralize edilmiştir. Titrasyonu tamamlanan çözelti için harcanan asit miktarından toplam azot (N) miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam azot miktarı proteine dönüştürme katsayısı ile çarpılarak toplam protein içeriği belirlenmiştir (Bremmer, 1965; Horneck ve Hanson, 1998).

Makro ve mikro besin elementi analizi

Makro ve mikro besin elementleri yaş yakma metoduna göre analiz edilmiştir. Analizde nitrik-perklorik asit karışımı kullanılmış ve bor hariç bütün makro ve mikro besin elementlerinin ölçümleri yapılmıştır. Kütlesi 0,2 - 0,5 g olan numunelerin üzerine nitrik-perklorik asit karışımı (4:1 v/v) eklenerek bir erlenmeyer içinde çözelti hazırlanmıştır. Erlenmeyer hafifçe sallanarak karışım homojenize edilmiş ve erlenmeyerin ağzı saat camı ile kapatılarak çeker ocak içerisinde 20 - 30 dakika boyunca bekletilmeye bırakılmıştır. Bekleme işleminin ardından örnekler 30 - 40°C sıcaklıktaki su banyosunda 24 saat dinlendirilmiştir. Bu sürenin sonunda tepkimeye hazır hale gelen örnekler, çeker ocak içerisindeki ısıtıcı tablaya alınmış ve ısıtıcı tablanın sıcaklığı kademeli olarak 200°C'ye kadar yükseltilmiştir. Böylece çözelti içindeki nitrik asidin büyük bir kısmı uzaklaştırılmış ve çözelti açık sarı bir renk almıştır. Açık sarı renk oluşuncaya kadar ısıtma işlemi kademeli olarak artırılmıştır. Perklorik asidin yoğun beyaz dumanı erlenmeyeri tamamen kapladıktan sonra, en az 30 dakika daha yaş yakma işlemine devam edilmiştir. Yoğun duman uzaklaşıp erlenmeyer içerisinde kalan 1 ml renksiz sıvı berrak bir hal aldığında çözelti ısıtıcı tabladan alınarak soğumaya bırakılmıştır. Çözelti oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra saf su ile yıkanarak 100 ml'lik balon joje içerisine alınmıştır. Balon joje hacmi saf su ile tamamlanarak ve iyice çalkalanarak çözelti okuma için hazır hale getirilmiştir. Hazırlanmış numunelerin demir

(*Fe*), bakır (*Cu*), çinko (*Zn*), magnezyum (*Mg*) ve mangan (*Mn*) içeriği ICP-OES cihazında; fosfor (*P*) içeriği UV-VIS spektrofotometre cihazında ve sodyum (*Na*), potasyum (*K*) ve kalsiyum (*Ca*) içerikleri ise Alev Fotometre cihazında analiz edilmiştir (Isaac ve Johnson, 1998; Hernández-Urbiola vd., 2011).

3.3.6. Spektrofotometrik analizler

Antosiyanin Tayini (Toplam Monomerik Antosiyanin Tayin)

Taze ve kurutulmuş olan Trabzon hurması örnekleri için toplam monomerik antosiyanin tayininde pH diferansiyel yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, antosiyaninlerin pH'ye bağlı olarak renk değiştirmesi esasına dayanmaktadır. Buradaki en önemli unsur antosiyaninlerin pH 1,0'da renkli bir forma sahip olması, buna karşın pH 4,5'te ise renksiz formda bulunmasıdır. Örneklerin, pH 1,0 ve pH 4,5'e ayarlanarak spektrofotometrik olarak ölçülen absorbans değerleri arasındaki fark ile antosiyanin miktarı arasında doğru orantı vardır. Analizde pH 1,0 ve pH 4,5 arasındaki farkı gözlemleyebilmek için ilgili pH değerlerine sahip tampon çözeltiler hazırlanmıştır. Örnekleri pH 1,0'a ayarlamak için 0,025 M potasyumklorit tamponu kullanılırken, pH 4,5'e ayarlamada ise 0,4 M sodyum asetat tamponundan yararlanılmıştır. Ekstraktlar, tespit edilen maksimum dalga boylarında (518 nm ve 700 nm) 0,4-0,8 aralığında absorbans ölçümü alabilmek amacıyla seyreltildikten sonra karıştırılmış ve sonrasında karışımın dengeye gelmesi için 15 dakika boyunca bekletilmiştir. Spektrofotometre 518 nm ve 700 nm'de saf suya karşı sıfırlanmış ve örnekler için absorbans ölçümleri yapılmıştır. Örneklerde pH 1,0 için ölçülen absorbans ile pH 4,5 için ölçülen absorbans değerlerinin farkı alınmış ve örneğin gerçek absorbans değeri (*A*) aşağıda verilen eşitlik (Eş. 3.15) yardımıyla hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2018).

$$A = (A_{518} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{518} - A_{700})_{pH4.5} \quad (3.15)$$

Burada: *A*, absorbans değeri; A_{518}, spektrofotometrede 518 nm'de okunan absorbans değeri; A_{700} spektrofotometrede 700 nm'de okunan absorbans değeridir.

Absorbans değeri ölçülen örneklerin toplam antosiyanin içeriğini bulmak için aşağıdaki eşitlikten (Eş. 3.16) faydalanılacaktır:

$$Toplam\ antosiyanin\ (mg\ L^{-1}) = \frac{(A)(10^3)(MA)(SF)}{(\varepsilon)(L)} \quad (3.16)$$

Burada: *TA*, toplam antosiyanin miktarı (mg L^{-1}); *A*, hesaplanan absorbans değeri; *MA*, siyanidinin molekül ağırlığı (449,2 g mol^{-1}); *SF*, seyreltme faktörü; ε, molar absorbansı (26900); *L*, küvetin optik yoludur (1 cm).

Toplam fenolik bileşen ve antioksidan aktivite tayini için örnek hazırlama

Taze ürünler vortekslendikten sonra doğrudan analize hazır hale gelirken, kuru örneklerin rehidre olabilmesi için önce örnekler porselen havanda dövülerek toz haline getirilmiş, ardından toz haline gelen örneklerden alınan 0,5 g'lık numuneler 15 ml metanol/su/HCI (1:80:10, v/v) karışımı ile 50 ml'lik santrifüj tüplerinde bir gün boyunca +4°C'de bekletilmiştir. Bekleme süresi tamamlanan örnekler su banyosunda (Nüve, ST 30,Türkiye) 250 rpm hızda ve 20°C'de iki saat boyunca çalkalanmıştır. Ardından örnekler 4°C'de 3500 rpm devirde on dakika boyunca santrifüjlenmiş ve örneklerin sıvı kısmı analiz için ekstrakte edilebilir fenoller olarak ayrılırken, santrifüj tüpünde kalan katı kalıntının üzerine metanol/H_2SO_4 (10:1) eklenerek çalkalayıcılı su banyosunda (250 rpm), 85°C'de 20 saat boyunca ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte işlemi sonrasında on dakika boyunca 4°C'de 3500 rpm devir hızında örnekler santrifüjlenmiş ve sıvı faz hidrolize edilebilir fenolik ekstraksiyonu olarak ayrılmıştır.

In-vitro enzimatik ekstraksiyon prosedürü için, gastrointestinal sistemi taklit eden sindirim metodu kullanılmıştır. Metotta, mide ve bağırsak enzimleri ile örnekler tepkimeye sokularak yapay bir mide ve bağırsak ortamı oluşturulmuştur. Öğütülmüş örneklerden 0,5 g alınıp 10 ml saf su eklenerek santrifüj tüplerine alınmış ve 24 saat boyunca bekletilmiştir. Bekleme işlemi sonrasında 0,5 ml pepsin enzimi eklenmiş ve pH-2 çözeltisi ile karışımın pH'sının 2'ye getirilmesi sağlanmıştır. Düzenlenen pH sonrasında karışım, 37°C'de 250 rpm hızda 2 saat boyunca çalkalayıcılı su banyosunda çalkalanmıştır. Ardından, 2,5 ml pankreatin enzimi, bile (safra) karışımı ve pH-7,2

çözeltisi eklenerek karışım 37°C'de 150 rpm hızda 2 saat daha ekstrakre edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda örnekler 3 500 rpm hızda 15°C'de ve on dakika boyunca santrifüj edilmiş ve santrifüj sonucu ayrılan sıvı faz biyoalınabilir ekstraksiyon olarak ayrılmıştır. Trabzon hurması örneklerinin ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir fenolik ekstraksiyonları analizlere kadar, -18°C'de depolanmıştır.

Toplam fenolik içeriği analizi

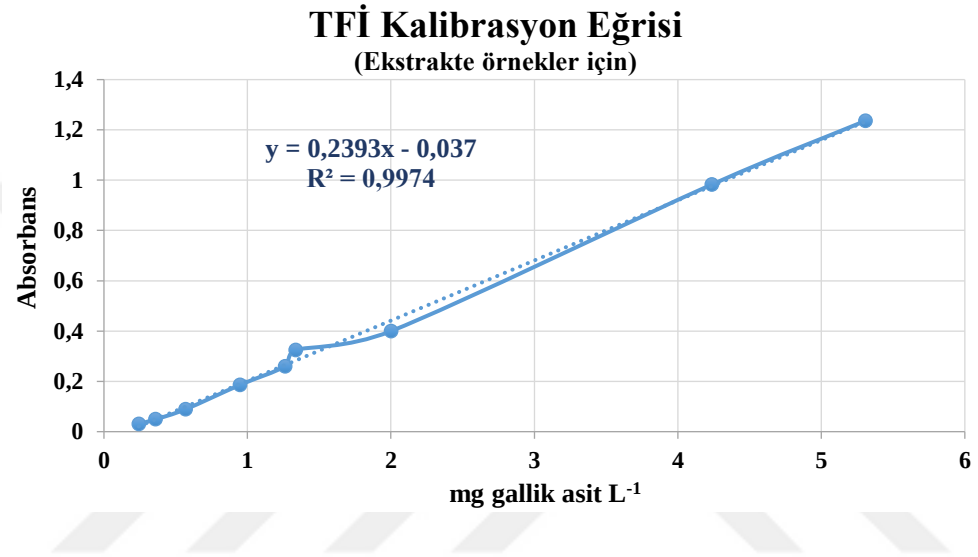
Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin toplam fenolik içeriğini analiz etmek için Folin-Ciocalteu spektrofotometrik yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, fenolik bileşenlerin bazik ortamda Folin-Ciocalteu ayıracını indirgemesi ile oksitlenmiş biçime dönüştükleri bir çeşit redoks tepkimesini içermektedir. Tepkime sonrasında parlak sarı renkli ayracın mavi renge dönüşmesiyle birlikte spektrofotometrede 750 nm dalga boyunda yapılan okumalarla birlikte toplam fenolik bileşiğin içeriği hesaplanmıştır. Sonuçlar kuru baza göre mg gallik asit eşdeğer (GAE) g^{-1} olarak ifade edilmiştir.

Analizde öncelikle gallik asit ile oluşturulan stardart eğriler yardımıyla ölçülen absorbans aralıkları tespit edilmiş ve daha öncesinde analiz için hazırlanan ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir örnekler ile analizler yapılmıştır. Analizde x ml örnek, (2-x) ml saf su ile karıştırılmış ve üzerine belirli bir miktarda Lowry-C çözeltisinden eklenmiştir. Çözelti on dakika boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletildikten sonra üzerine Folin solüsyonu ilave edilerek aynı şekilde yarım saat boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta tepkimeye sokulmuştur. Bekleme işlemi tamamlanan çözelti 750 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur (Bouayed vd., 2012). Ekstrakte edilebilir örneklerin toplam fenolik içeriklerinin belirlenmesinde Şekil 3.18'deki kalibrasyon eğrisinden, hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir örneklerin toplam fenolik içeriklerinin belirlenmesinde ise Şekil 3.19'daki kalibrasyon eğrisinden faydalanılmıştır.

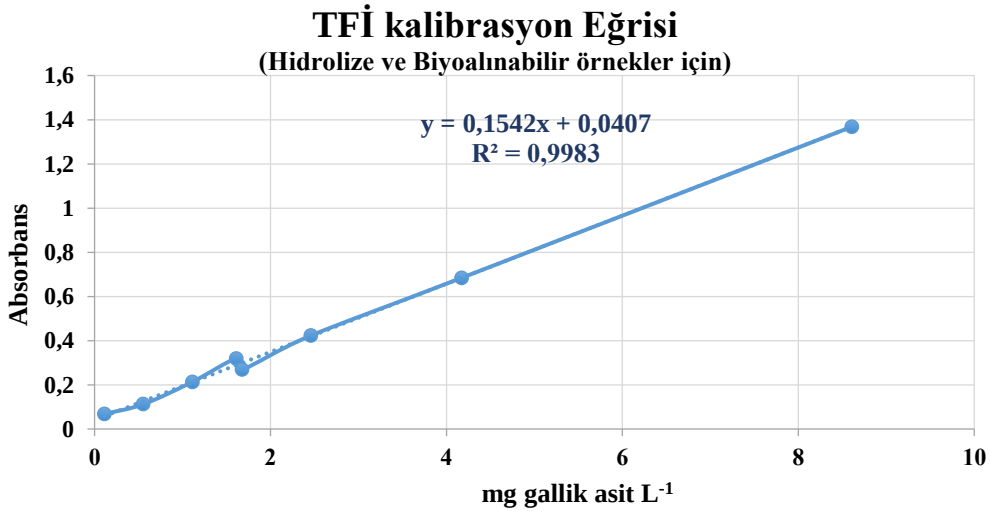
Toplam fenolik bileşenlerin yüzde biyoalınabilirliği ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir:

$$\%B = \frac{B}{(E+H)} \times 100 \qquad (3.17)$$

Burada: *%B*, toplam fenolik bileşenlerin yüzde biyoalınabilirliği (%); *B*, biyoalınabilir toplam fenolik içeriği (mg (GAE) g^{-1}); *E*, ekstrakte edilebilir toplam fenolik içeriği (mg (GAE) g^{-1}); *H*, hidrolize edilebilir toplam fenolik içeriğidir (mg (GAE) g^{-1})



Şekil 3.18. Gallik asit eşdeğeri ekstrakte edilebilir fenolik bileşen kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.19. Gallik asit eşdeğeri hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir fenolik bileşen kalibrasyon eğrisi

Antioksidan kapasite analizi

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinden hazırlanmış ekstarkte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir örneklerin antioksidan kapasiteleri Trolox eşdeğeri (TEAC) olarak aşağıda açıklanan DPPH, ABTS ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenmiştir.

Antioksidan kapasitesi sonuçları, kuru baza göre kuru ağırlık başına µmol Trolox eşdeğeri olarak hesaplanmış ve her metod için ekstrakte edilebilir (*E*), hidrolize edilebilir (*H*) ve biyoalınabilir (*B*) sonuçları kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla (Eş. 3.18) fenollerin biyoalınabilirlik yüzdeleri hesaplanmıştır.

$$\%B = \frac{B}{(E+H)} \times 100 \tag{3.18}$$

DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini

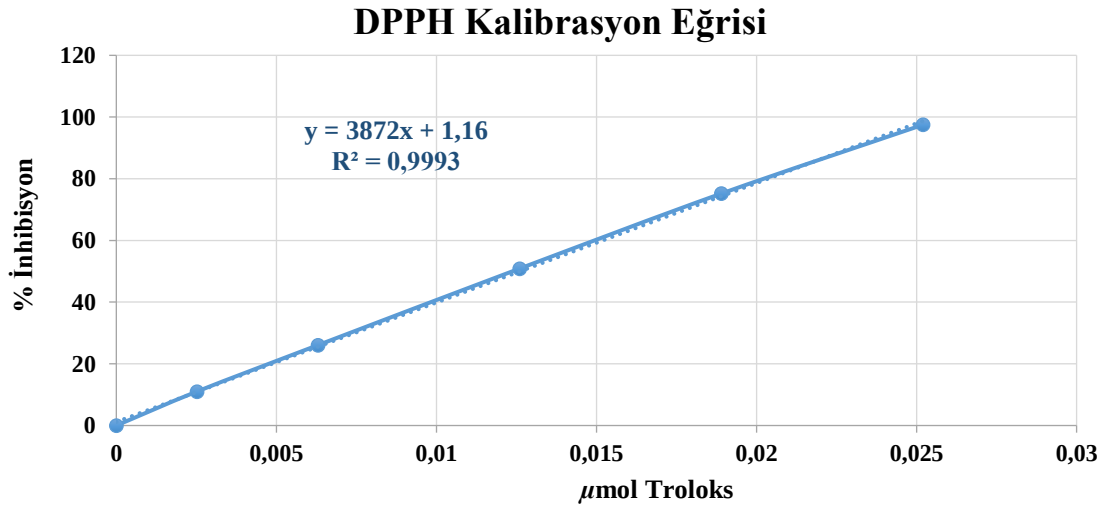
Analiz için stok çözelti, 100 mL metanol içinde 39,4 mg DPPH kullanılarak hazırlanmış ve çözelti kullanılana kadar karanlıkta -4°C'de saklanmıştır. Analizde, 6 ml stok DPPH çözeltisi 100 ml metanol ile seyreltilmiştir. Standart Trolox çözeltisi için ise 12,1 mg Trolox, 50 ml metanol (% 99,5 saf, v/v) içinde çözündürülerek analize hazır hale getirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda Trolox'tan alınan örnekler, DPPH çözeltisine ilave edilmiş olup oda sıcaklığında 30 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Bu sürenin ardından, standart eğrinin kalibrasyonu için kör olarak saf metanole karşı 515 nm'de absorbans değeri ölçülmüş ve ölçülen değer gram başına µmol Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi (TEAC) olarak ifade edilmiştir (Sahan vd., 2017).

Standart eğriden elde edilen değerler içinden ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir örnek miktarları sırasıyla 10, 25 ve 25 µl'dir. Analizde x µl örnek için (100 - x) µl metanol ve 3 900 µl DPPH çözeltisi kullanılarak bir çözelti elde edilmiş ve çözelti karanlıkta bekletildikten sonra 515 nm dalga boyunda okunmuştur. Numunelerdeki antioksidan aktivite değeri aşağıda verilen eşitlik (Eş. 3.19) yardımıyla bulunmuştur.

$$\%\ İnhibisyon\ oranı = \frac{A_{kontrol} - A_{örnek}}{A_{kontrol}} \times 100 \quad (3.19)$$

Burada; %, DPPH aktivitesi inhibisyonu; $A_{kontrol}$, örnek içermeyen DPPH çözeltisinin absorbansı; $A_{örnek}$, örnek içeren DPPH çözeltisinin absorbansı.

DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite tayini hesaplamasında Şekil 3.20'de gösterilen kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır.



Şekil 3.20. Troloks eşdeğeri DPPH kalibrasyon eğrisi

ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite tayini

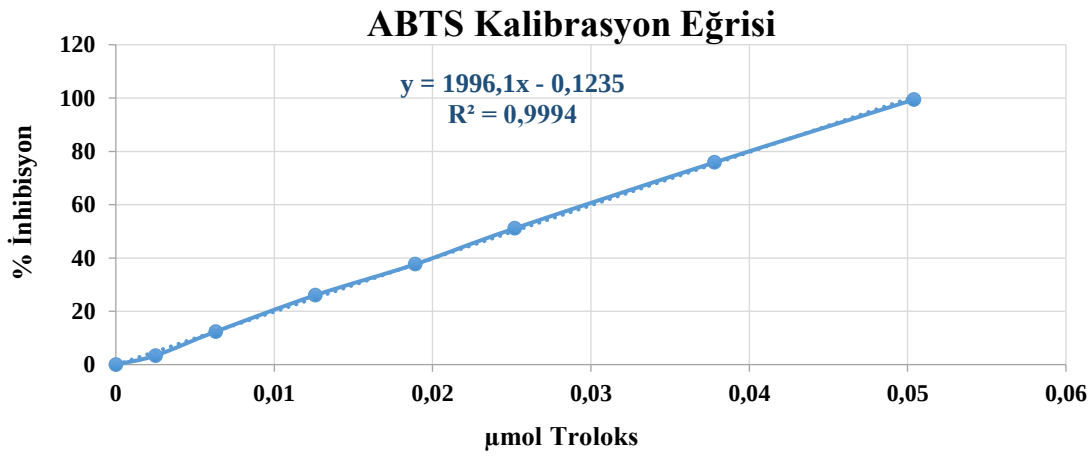
Antioksidan kapasitesini belirlemek için 0,0066 g potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$) ve 10 ml saf su içeren bir ABTS stok çözeltisi hazırlanmış ve kullanılmadan önce 12 - 16 saat karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. ABTS çözeltisine ek olarak %96'lık etanol içinde Trolox çözeltisi hazırlanmıştır.

Kalibrasyon eğrisi için ABTS, % 96 etanol (1:10 v/v) ile 10:1 oranında seyreltilmiş ve farklı konsantrasyonlarda seyreltilmiş ABTS solüsyonu ile birlikte Trolox çözeltisi, vorteksle karıştırılarak 6 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Analizin kör okuması

analitik saflıktaki etanolle 734 nm'de gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, gram başına µmol Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) olarak ölçülmüştür (Apak vd., 2008).

Analizde kalibrasyon eğrisinde belirlenen değerler arasından ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir ekstratları için 100'er µl örnek alınmıştır. Analiz yapılırken x µl örnek için (4 000 – x) µl %96'lık etanol ve 1 ml ABTS çözeltisi eklenmiş ve oluşturulan solüsyon 6 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme süresi sonrasında spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda saf etanole karşı okumalar gerçekleştirilmiştir.

ABTS yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesinde Şekil 3.21'deki kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır.



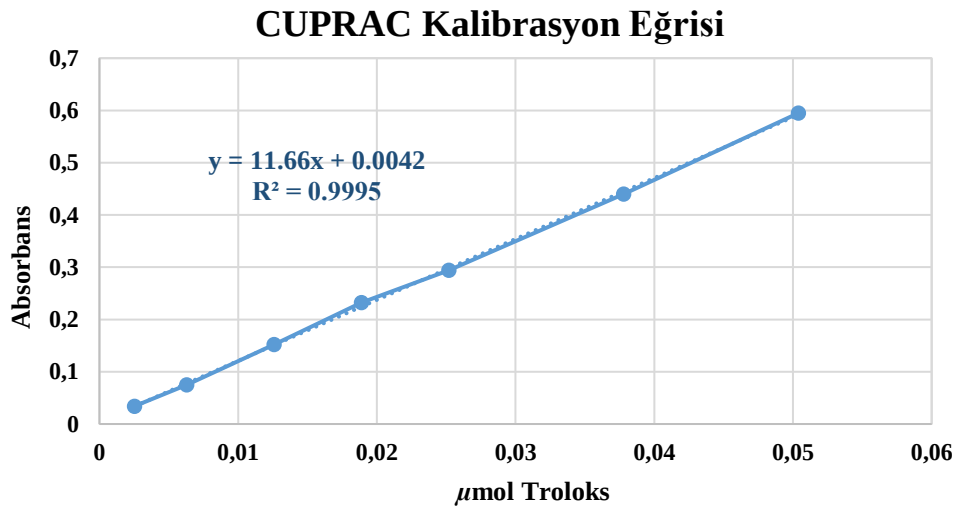
Şekil 3.21. Troloks eşdeğeri ABTS kalibrasyon eğrisi

CUPRAC Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini

CUPRAC metodu için, Apak vd. (2008) kullandığı prosedür uygulanmıştır. Prosedüre göre 0,0121 g Trolox %96 saflıktaki etanol içerisinde çözündürülmüş ve son hacmi 50 ml'ye tamamlanmıştır. Bakır (II) klorürden ($CuCl_2$) 0,4262 g alınarak saf su ile solüsyon hazırlanmıştır, solüsyonun son hacmi 100 ml'ye tamamlanmıştır. Benzer şekilde 7,708 g amonyum asetat saf suda çözündürülmüş ve son hacim saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Kalibrasyon eğrisinin hazırlanması için farklı miktarlarda alınan Trolox solüsyonlarının üzerine 1 ml bakır (II) klorür, (1 – x) ml saf su, 1 ml neokuproin ve 1 ml amonyum asetat çözeltisi eklenerek karışım 30 dakika boyunca oda sıcaklığında ve ışık görmeyen bir ortamda bekletilmiştir. Ardından spektrofotometrede 450 nm dalga boyunda saf suya karşı örnek okumamaları yapılmıştır.

Kalibrasyon eğrisinden hesaplanan değerlere göre ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir ekstratların hepsinden 50'şer µl örnek alınarak analizler yapılmıştır. Analiz için x µl alınan örnek, 1 ml bakır (II) klorür, (1 – x) ml saf su, 1 ml neokuproin ve 1 ml amonyum asetattan bir çözelti hazırlanmış ve çözelti yarım saat boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme işlemi sonrası 450 nm dalga boyunda saf suya karşı örnek okumaları yapılmış ve sonuçlar kuru baza göre gram başına µmol Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) olarak ifade edilmiştir (Şahan vd., 2017). CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi için Şekil 3.22'deki kalibrasyon eğrisinden faydalanılmıştır.



Şekil 3.22. Troloks eşdeğeri CUPRAC kalibrasyon eğrisi

3.3.7. HPLC analizleri

Suda çözünen vitamin analizleri

Taze ve kurutulan numunelerdeki suda çözünen vitaminlerin analizi için 3 g örnek 20 ml saf su içinde 24 saat boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler analize alınmadan önce, vortekste orta hızda 10 dakika koyunca çalkalanmış ve örnekler homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen örneklerde, katı faz ayırma ekstraksiyonu (*SPE*) için 2 ml saf suya 0,005 M HCI çözeltisi damla damla karıştırılarak suyun pH'ı 4,2 olana dek işleme devam edilmiştir. İstenen pH düzeyi ayarlanan saf sudan 2 ml, %99,5 saflıktaki methanolden 2 ml ve homojen hale getirilen örneklerin süpernatant fazından 1 ml alınarak karıştırılmış ve homojen hale getirildikten sonra 1 ml dk^{-1} hızla HPLC'ye enjekte edilmiştir. Kolon olarak C18 (50 x 4,6 mm, 2,7 µm partikül boyutu) kullanılmıştır. (Kim vd., 2013). Analizde kullanılan dalga boyları C vitamini için 230 nm, tiamin (B1) için 270 nm, niasin (B3) için 256 nm, piridoksin (B6) için 257 nm ve folik asit (B9) için 280 nm olarak ayarlanmıştır (Giorgi vd., 2012).

Yağda çözünen vitaminler

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinden 1,5 g tartılmış ve 5 ml etanol içinde çözündürülmüştür. Karışım bir dakika boyunca vortekslenmiş ve ardından 3 500 rpm'de üç dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Daha sonra santrifüjlenen tüplerin üzerine 1 ml n-hekzan ilave edilerek örnekler çalkalanmış ve böylece E vitamini, beta-karoten ve likopen n-hekzan fazına ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi birkaç kez daha tekrarlandıktan sonra ekstratlardan azot gazı altında n-hekzan buharlaştırılarak ayrılmıştır. Buharlaşma işleminden geriye kalan santrifüj tüpleri içindeki kalıntılara 0,2 ml metanol eklenerek kalıntılar çözdürülmüş ve HPLC analizine uygun hale getirilmiştir. Likopen, beta-karoten, ve E vitamini analizleri Supelcosil LC-18 kolonunda (25 cm x 4,6 mm x 5,0 µm) gerçekleştirilmiştir. Akış hızı olarak 1 ml dk^{-1} ve mobil faz için metanol:su (98:2 v/v) seçilmiştir. Analizde kullanılan dalga boyları E vitamini için 296 nm ve beta-karoten ve likopen için 465 nm'dir (Çöteli ve Karataş, 2017).

3.3.8. Veri analizi

Deneme deseni tesadüf deneme parselleri yöntemine göre tasarlanmıştır. Tüm deneme ve analizler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilirken, renk ölçümleri her kurutma denemesi için 20 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Tekerrürlerin ortalamalarının ve standart hata değerlerinin hesaplanmasında JMP Pro 14 programı kullanılmıştır. Ayrıca, aynı programda yapılan LSD analizi ile gruplar arası harflendirmeler belirlenmiştir.

Çalışmada deneysel kurutma verilerinin tahmin verilerine dönüştürülmesi amacıyla deneysel, yarı deneysel ve teorik olan 21 farklı ince tabaka kurutma eşitliği kullanılmıştır. Kullanılan tüm kurutma eşitlikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu eşitlikler kullanılarak NLREG 6.2 istatistik programı aracılığıyla zamana bağlı deneysel ayrılabilir nem oranı verileri aracılığıyla tahmin verileri ve eşitliklerin katsayı ve sabitleri hesaplanmıştır.

Belirleme katsayısı (R^2) ve tahminin standart hatası (*SH*) ile eşitliklerin kurutma sabit ve katsayıları NLREG 6.2 programı yardımıyla hesaplanmıştır. Karesel ortalama hata (*KOH*) ve ki kare (χ^2) aşağıdaki verilen eşitlikler (Eş. 3.20 ve 3.21) kullanılarak hesaplanmıştır:

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(ANO_{pre,i} - ANO_{exp,i})^2}{N}} \tag{3.20}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(ANO_{exp,i} - ANO_{pre,i}\right)^2}{N - n_i} \tag{3.21}$$

Burada: $ANO_{exp,i}$, deneysel ayrılabilir nem oranı ($kg_{su}\ kg_{KM}^{-1}$); $ANO_{pre,i}$, modelin tahmin ettiği ayrılabilir nem oranı ($kg_{su}\ kg_{KM}^{-1}$); *N*, gözlem sayısı; n_i, sabit ve katsayıların toplamıdır.

Çizelge 3.1. Trabzon hurması meyvesinin kurutulmasında kullanılan modeller

Model No	Model Adı	Model Eşitliği	Referanslar
1	Lewis	$ANO = \exp(-kt)$	Lewis, 1921
2	Page	$ANO = \exp(-kt^n)$	Page, 1949
3	Geliştirilmiş Page Eşitliği -I	$ANO = a\ exp[-(kt^n)]$	Dinrifo, 2012
4	Geliştirilmiş Page	$ANO = exp[-(kt)^n]$	Overhults vd., 1973
5	Henderson ve Pabis	$ANO = a\ exp(-kt)$	Henderson ve Pabis, 1961
6	Logaritmic	$ANO = a\exp(-kt) + c$	Yagcioglu vd., 1999
7	İki terimli	$ANO = a\exp(-k_0\,t) + b\exp(-k_1 t)$	Henderson, 1974
8	İki terimli eksponansiyel	$ANO = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$	Sharaf-Elden vd., 1980
9	Wang ve Singh	$ANO = 1 + at + bt^2$	Wang ve Singh, 1978
10	Difüzyon yaklaşımı	$ANO = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kbt)$	Kassem, 1998
11	Verma ve vd.	$ANO = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-gt)$	Verma vd., 1985
12	Geliştirilmiş Henderson ve Pabis	$ANO = a\exp(-kt) + b\exp(-gt) + c\exp(-ht)$	Karathanos, 1999
13	Sadeleştirilmiş Fick's difüzyon (SFFD) eşitliği	$ANO = a\ exp[-c(t/L^2)]$	Diamante ve Munro, 1991
14	Geliştirilmiş Page Eşitliği -II	$ANO = \exp[-k(t/L^2)^n]$	Diamante ve Munro, 1993
15	Midilli ve vd.	$ANO = a\exp(-kt^n) + bt$	Midilli vd., 2002
16	Weibull dağılımı	$ANO = a - b\exp[-(kt^n)]$	Babalis vd., 2006
17	Aghbashlo ve vd.	$ANO = \exp[-((k_1 t)/(1+k_2 t))]$	Aghbashlo vd., 2009
18	Logistic	$ANO = a_0/(1 + a\exp(kt))$	Chandra ve Singh, 1995
19	Jena ve Das	$ANO = a\exp\left(-kt + b\sqrt{t}\right) + c$	Jena ve Das, 2007
20	Demir ve vd.	$ANO = a\exp(-kt)^n + c$	Demir vd., 2004
21	Alibas eşitliği	$ANO = a\exp\left((-kt^n) + (bt)\right) + g$	Alibas, 2012

ANO, ayrılabilir nem oranı; *a, b, c, g, h,* katsayılar; *t*, kurutma süresi, (dk); *n,* kurutma parametresi; *k, k₀, k₁, k₂*,kurutma sabitleri,(dk^{-1}) *L*, kalınlık (mm).

Belirleme katsayısı (R^2), deneysel verilere en yakın tahmin modelinin seçiminde başlıca kriter olarak kabul edilmektedir. Bu katsayının sayısal değerinin "1,00" değerine mümkün olduğunca yakın olması istenmektedir. Aynı belirleme katsayısına sahip eşitlerin seçiminde, ikincil kriter olarak tahminin standart hata (*SH*) değerinden yararlanılmaktadır. Bu değerin ise mümkün olduğunca "0,00"a yakın olması istenmektedir. Benzer belirleme katsayısı ve standart hata değerlerinin tespit edilmesi durumunda ise sırasıyla karesel ortalama hata (*KOH*) ve ki kare (χ^2) değerleri üçüncül kriter olarak incelenmektedir. Tahminin standart hatasında olduğu gibi, ortalama karesel hata ve ki kare değerlerinin de "0,00" değerine en yakın değeri alması istenmektedir.

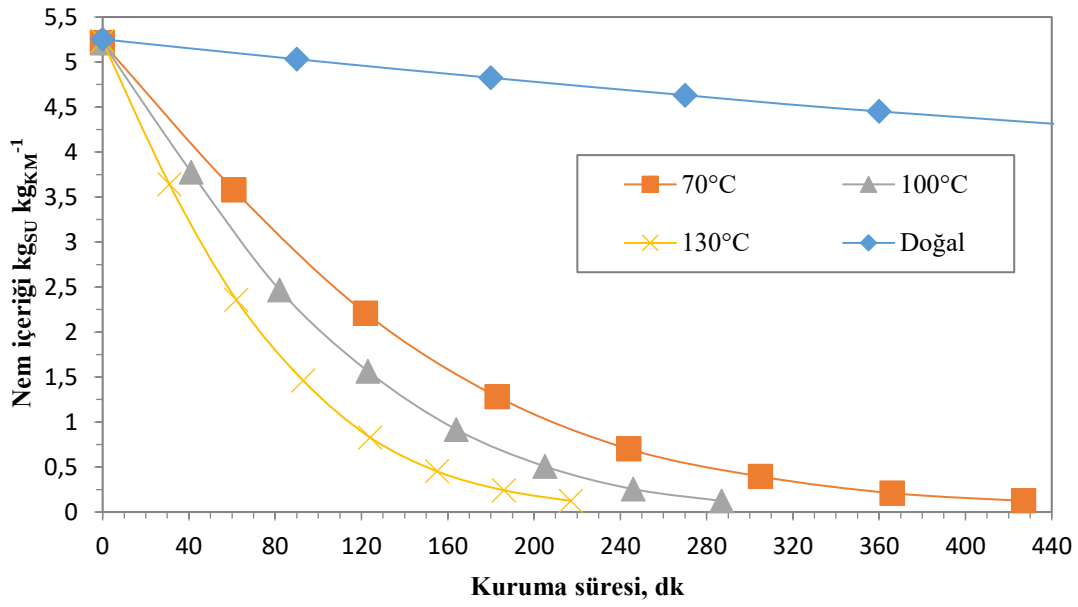
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kurutma Kinetiği ve Matematiksel Modelleme

Trabzon hurması dilimlerinin kurutma süresine bağlı kuru baza göre nem içeriği doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine mikrodalga-konvektif kurutma için Şekil 4.1 ile 4.4 arasında sunulmuştur. Tüm yöntemlerin kuruma süreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kurutma işlemlerine ilk nem içeriği 5,24 ± 0,01 kg_{su} kg_{KM}^{-1} (%83,97 ± 0,01 y.b.) olan Trabzon hurması örneklerinin son nem içeriği 0,1239 ± 0,0002 kg_{su} kg_{KM}^{-1} (%11,03 ± 0,01 y.b.) olana kadar kurutma devam edilmiştir. Doğal kurutma yöntemi 6 510 dakikalık kurutma süresiyle çalışmadaki en uzun kurutma yöntemi iken, konvektif kurutma yönteminde ise kurutma sıcaklıklarına bağlı olarak kurutma denemeleri 217 ile 427 dakika arasında tamamlanmıştır. Mikrodalga kurutma denemeleri ise uygulanan mikrodalga güç yoğunluğuna bağlı olarak 30 ile 192 dakika arasında sürmüştür. Ayrıca, 14 dakikalık kurutma süresiyle çalışmada kaydedilen en kısa kurutma yöntemi olan 5 W g^{-1} – 130°C, en uzun kurutma yöntemi olan doğal kurutmadan 465 kat daha kısa sürede tamamlanmıştır. Bununla birlikte, 5 W g^{-1} – 130°C kombine kurutma yönteminin, çalışmada kullanılan en yüksek mikrodalga güç yoğunluğu olan 5 W g^{-1} ve en yüksek sıcaklık olan 130°C'den sırasıyla 2,57 ve 15,50 kat daha kısa sürdüğü görülmüştür. Sıcaklık ve mikrodalga güç yoğunluklarının birlikte uygulandığı kombine kurutma denemelerinde kaydedilen kurutma süresinin ciddi oranlarda azaldığı görülmüştür (Bhattacharya vd., 2015; Miraei Aahtiani vd., 2018). Ayrıca, konvektif kurutmanın kuruma süresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmazken, mikrodalga kurutmanın %99 önem düzeyinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Doymaz (2012) dilimlenmiş Trabzon hurmasını konvektif kurutma yöntemini kullanarak 70°C sıcaklıkta 240 dakikada kurutmuştur. Çalışmada kaydedilen kurutma süresinin tezde elde edilen bulgudan 1,78 kat daha kısa sürdüğü tespit edilmiştir. Hanif vd. (2015a) Trabzon hurmasını 40, 50 ve 60°C sıcaklıkta kurutmuş ve kuruma işlemlerinin sırasıyla 26, 20 ve 16 saatte tamamlandığını bildirmiştir. Jia vd. (2019) dilimlenmiş Trabzon hurmasını 70°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve kurutma süresini 190 dakika olarak kaydetmiştir. Ayrıca çalışmada kombine mikrodalga ve konvektif kurutma uygulamasının kurutma süresini önemli ölçüde kısalttığı

vurgulanmıştır. Trabzon hurmasının mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulduğu bir çalışmada, Karaaslan (2014) 1,8 ve 2,7 W g^{-1}'da kurutmanın sırasıyla 41 ve 31 dakikada tamamlandığını belirtmiştir. Kaya vd. (2015) Trabzon hurmalarını farklı sıcaklıklar kullanarak konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve kurutma sıcaklığı arttıkça kurutma süresinin azaldığını tespit etmiştir. Bu tezde elde edilen bulguya benzer şekilde, Khaled vd. (2020) Trabzon hurmasını 70°C sıcaklıkta konvektif kurutma yöntemiyle 370 dakikada kurutmuştur. Vivek vd. (2021) Trabzon hurmasını 70°C'de kurutmuş ve kurutma süresini 330 dakika olarak belirlemiştir. Söz konusu kurutma süresinin, bu tezde kaydedilen kurutma süresinden yaklaşık %30 kısa olduğu görülmüştür.

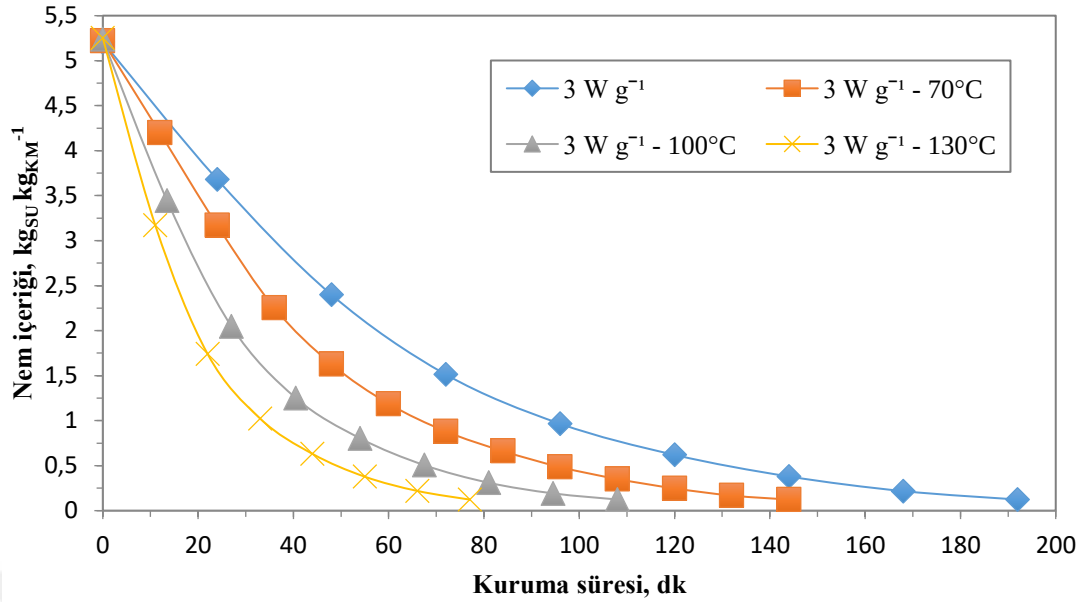


Şekil 4.1. Doğal ve konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği

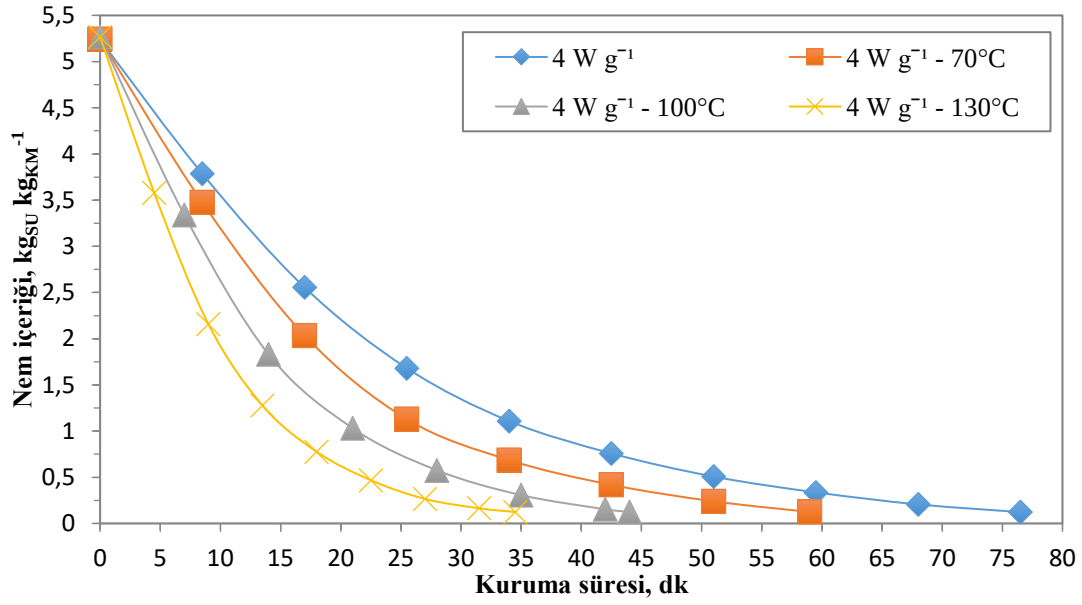
Çizelge 4.1. Trabzon hurmasının farklı yöntemlerle kurutulması sırasındaki kuruma süresi, ortalama kuruma hızı, toplam enerji tüketimi ve özgül enerji tüketimi

	KS	***OKH***	***TET***	***ÖET***
KKE	öd	öd	öd	öd
70°C	164,50 ± 47,48	0,04624 ± 0,01324	0,683 ± 0,111	8,30 ± 1,36
100°C	114,75 ± 31,53	0,06255 ± 0,01784	0,605 ± 0,104	7,37 ± 1,27
130°C	85,63 ± 23,90	0,07882 ± 0,02120	0,558 ± 0,104	6,79 ± 1,27
MGE	**	**	**	**
3 W g^{-1}	$131,00 \pm 13,31^{c}$	$0,02299 \pm 0,00208^{c}$	$0,924 \pm 0,037^{c}$	$11,23 \pm 0,45^{c}$
4 W g^{-1}	$53,50 \pm 4,93^{b}$	$0,05315 \pm 0,00584^{b}$	$0,413 \pm 0,022^{b}$	$5,02 \pm 0,27^{b}$
5 W g^{-1}	$24,50 \pm 2,53^{a}$	$0,13746 \pm 0,01281^{a}$	$0,203 \pm 0,019^{a}$	$2,47 \pm 0,23^{a}$
KY	**	**	**	**
Doğal	$6\,510,00 \pm 102,14^{g}$	$0,00045 \pm 0,00001^{o}$	$0,000 \pm 0,000^{a}$	$0,00 \pm 0,00^{a}$
70°C	$427,00 \pm 4,62^{f}$	$0,00530 \pm 0,00009^{n}$	$1,018 \pm 0,011^{jk}$	$12,42 \pm 0,13^{jk}$
100°C	$287,00 \pm 4,16^{e}$	$0,00680 \pm 0,00008^{n}$	$0,976 \pm 0,014^{j}$	$11,89 \pm 0,17^{j}$
130°C	$217,00 \pm 4,93^{de}$	$0,00951 \pm 0,00003^{m}$	$1,016 \pm 0,023^{j}$	$12,38 \pm 0,28^{jk}$
3 W g^{-1}	$195,00 \pm 3,46^{d}$	$0,01254 \pm 0,00004^{l}$	$0,975 \pm 0,017^{j}$	$11,88 \pm 0,21^{j}$
4 W g^{-1}	$76,50 \pm 3,71^{abc}$	$0,03449 \pm 0,00017^{h}$	$0,510 \pm 0,025^{g}$	$6,23 \pm 0,30^{g}$
5 W g^{-1}	$36,00 \pm 0,87^{ab}$	$0,07857 \pm 0,00003^{e}$	$0,300 \pm 0,007^{d}$	$3,66 \pm 0,09^{d}$
3 W g^{-1} - 70°C	$144,00 \pm 5,03^{cd}$	$0,02253 \pm 0,00002^{k}$	$1,063 \pm 0,037^{k}$	$12,94 \pm 0,45^{k}$
3 W g^{-1} - 100°C	$108,00 \pm 2,08^{bc}$	$0,02553 \pm 0,00005^{j}$	$0,907 \pm 0,017^{i}$	$11,04 \pm 0,21^{i}$
3 W g^{-1} - 130°C	$77,00 \pm 1,53^{abc}$	$0,03136 \pm 0,00137^{i}$	$0,746 \pm 0,015^{h}$	$9,07 \pm 0,18^{h}$
4 W g^{-1} - 70°C	$59,00 \pm 3,06^{ab}$	$0,03742 \pm 0,00015^{g}$	$0,436 \pm 0,023^{f}$	$5,31 \pm 0,28^{f}$
4 W g^{-1} - 100°C	$44,00 \pm 1,73^{ab}$	$0,05780 \pm 0,00016^{f}$	$0,370 \pm 0,015^{e}$	$4,49 \pm 0,18^{e}$
4 W g^{-1} - 130°C	$34,50 \pm 1,51^{ab}$	$0,08288 \pm 0,00007^{d}$	$0,334 \pm 0,015^{de}$	$4,06 \pm 0,18^{de}$
5 W g^{-1} - 70°C	$28,00 \pm 0,80^{a}$	$0,11969 \pm 0,00164^{c}$	$0,207 \pm 0,006^{c}$	$2,52 \pm 0,07^{c}$
5 W g^{-1} - 100°C	$20,00 \pm 1,13^{a}$	$0,16006 \pm 0,00078^{b}$	$0,168 \pm 0,009^{bc}$	$2,05 \pm 0,12^{bc}$
5 W g^{-1} - 130°C	$14,00 \pm 0,38^{a}$	$0,19153 \pm 0,00018^{a}$	$0,136 \pm 0,004^{b}$	$1,66 \pm 0,05^{b}$

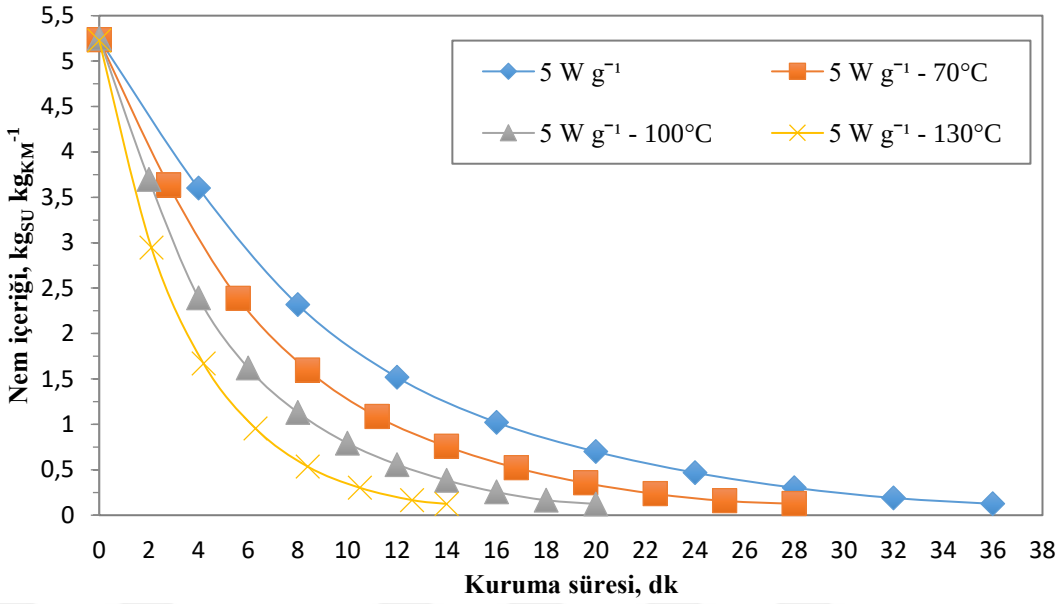
P<0.01; ^{öd}, önemli değil, Sütunlar arası farklılıklar önemlidir. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi; *KS*, kuruma süresi (dk); *OKH*, ortalama kuruma hızı (kg_{su} kg_{KM}^{-1} dk^{-1}); *TET*, toplam enerji tüketimi (kWh); *ÖET*, özgül enerji tüketimi (kWh kg_{su}^{-1}). ±SH.



Şekil 4.2. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemi ve 70, 100 ve 130°C sıcaklıklarıyla kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği



Şekil 4.3. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemi ve 70, 100 ve 130°C sıcaklıklarıyla kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği

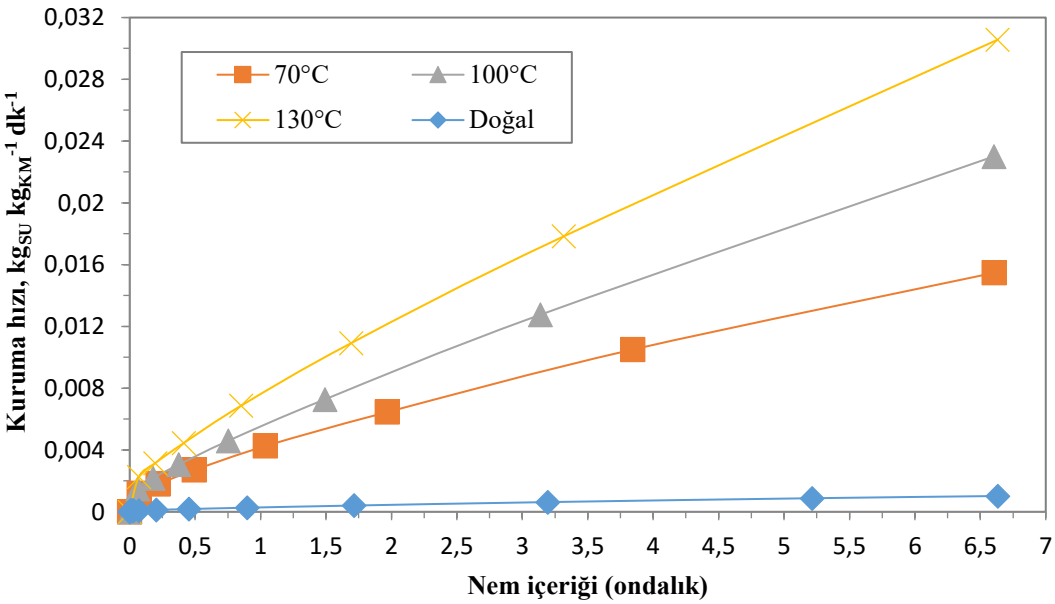


Şekil 4.4. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemi ve 70, 100 ve 130°C sıcaklıklarıyla kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin zamana bağlı nem içeriği

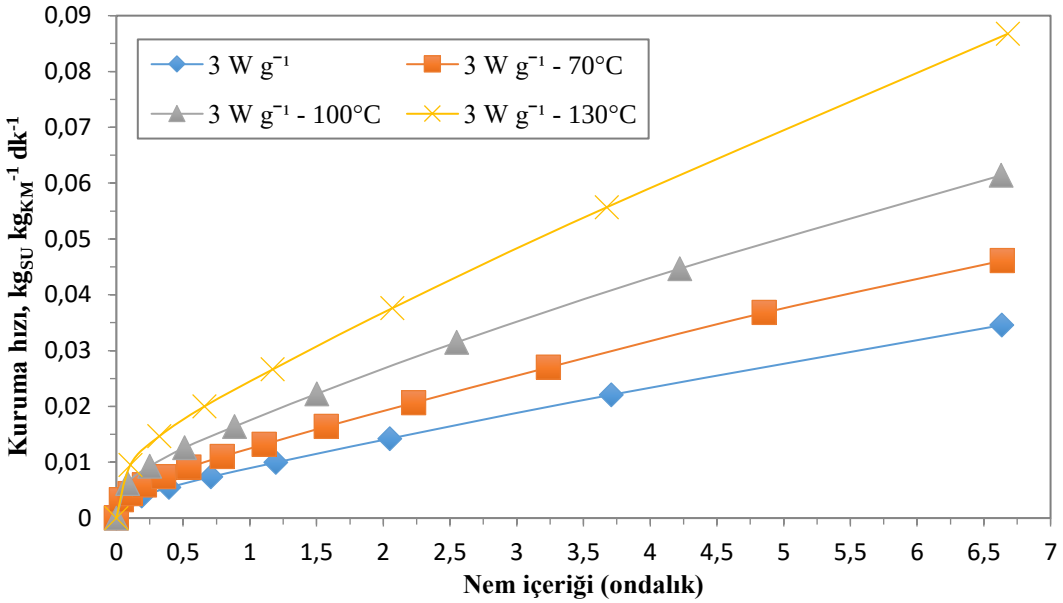
Nem içeriğine bağlı kuruma hızı eğrileri doğal ve konvektif kurutma için Şekil 4.5'te, 3 W g^{-1} ve kombinasyonları için Şekil 4.6.'da, 4 W g^{-1} ve kombinasyonları için Şekil 4.7'de ve 5 W g^{-1} ve kombinasyonları için ise Şekil 4.8.'de verilmiştir. Ayrıca Çizelge 4.1'de tüm kurutma yöntemlerinin ortalama kuruma hızı değerleri de gösterilmiştir. Çizelgeye göre, en kısa kuruma süresine sahip 5 W g^{-1} – 130°C'de kaydedilen ortalama kurutma hızının, en uzun kurutma süresine sahip olan doğal kurutmadaki ortalama kuruma hızından 432,49 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, 5 W g^{-1} – 130°C'deki kuruma hızının, çalışmada kullanılan en yüksek mikrodalga güç yoğunluğu olan 5 W g^{-1} ve en yüksek sıcaklık olan 130°C'den sırasıyla 3,23 ve 24,42 kat daha yüksek olduğu saptanmıştır. Konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin birlikte kullanıldığı kombine kurutma denemelerinde, artan mikrodalga güç yoğunluğu ve kurutma sıcaklığına paralel olarak ortalama kuruma hızının da arttığı görülmüştür. Kurutmanın ilk evresi olan sabit hızlı kuruma evresinde, ürün yüksek nem içeriğine sahip olduğundan, nem kaybı hızlı bir şekilde gerçekleşmiş ve dolayısıyla kuruma hızı bu evrede artmıştır. Öte yandan, kurutma denemelerinin sonlarına doğru ürünler bünyesindeki nemin önemli bir kısmını kaybettiği için azalan hızda kuruma rejimine girmiş ve üründen nemin uzaklaştırılması bu evrede güçleşmiştir. Bu durum kuruma

hızında düşüşe neden olmuştur. Ayrıca, konvektif kurutmanın ortalama kuruma hızı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi kaydedilmezken, mikrodalga kurutma ise ortalama kuruma hızı üzerinde %99 önem düzeyinde etkili olmuştur.

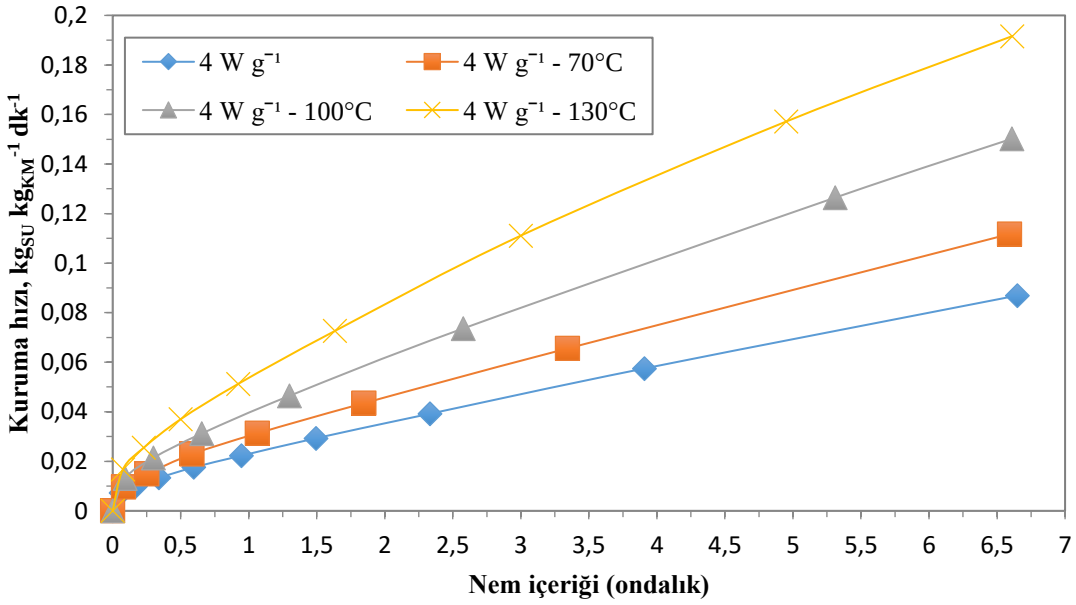
Bhattacharya vd. (2015) kombine konvektif-mikrodalga kurutma yönteminde ortalama kuruma hızının konvektif kurutmaya nazaran arttığını, kurutmanın ilk aşamasında ortalama kurutma hızının maksimum düzeye ulaştığını ve azalan hızda kurutma evresinde ise kurutma hızının önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir. Demiray ve Tülek (2017) artan kurutma sıcaklıkları ile birlikte kuruma hızının da arttığını tespit etmiştir. Ayrıca, kurutmanın sabit hızla kuruma evresinde, materyal yüzeyinde meydana gelen buharlaşma hızının artışıyla kuruma hızının da arttığını bildirmiştir. Buna karşın kurutma işlemlerinin sonuna doğru iyice azalan nem içeriğinin üründen uzaklaştırılmasının zorlaştığına ve bu nedenle de bu evrede kuruma hızının azaldığına dikkat çekmiştir. Çelen (2019) mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla ortalama kuruma hızının da arttığını ve kurutma denemelerinin ilk aşamasında kurumanın hızlı bir şekilde gerçekleştiğini, buna karşın son aşamada ise nem oranı azaldıkça kuruma hızının da azaldığını belirtmiştir.



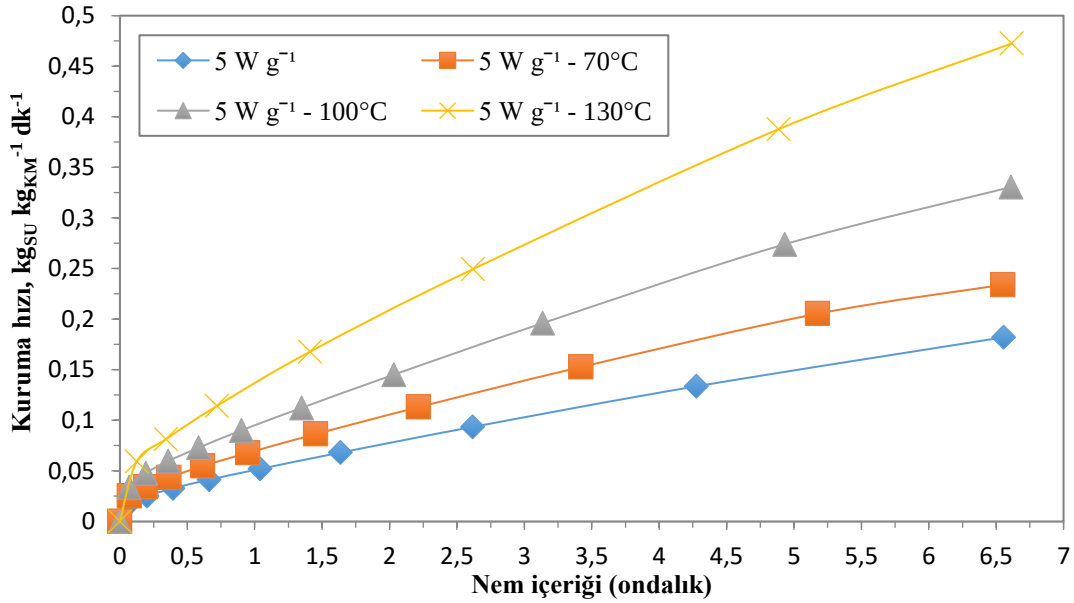
Şekil 4.5. Doğal ve konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları



Şekil 4.6. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları



Şekil 4.7. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları

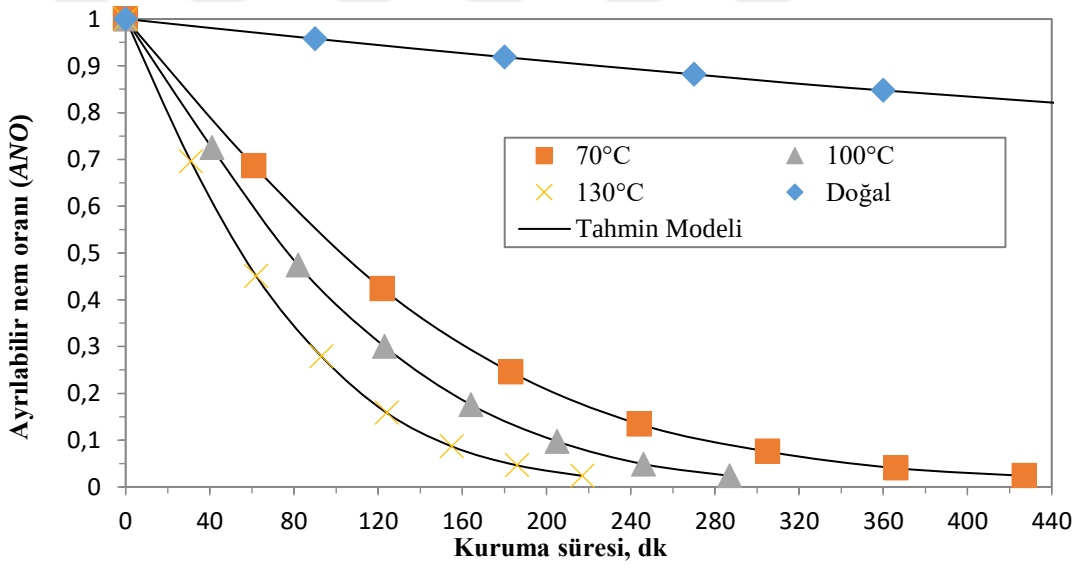


Şekil 4.8. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan Trabzon hurmasının nem içeriğine bağlı kuruma hızları

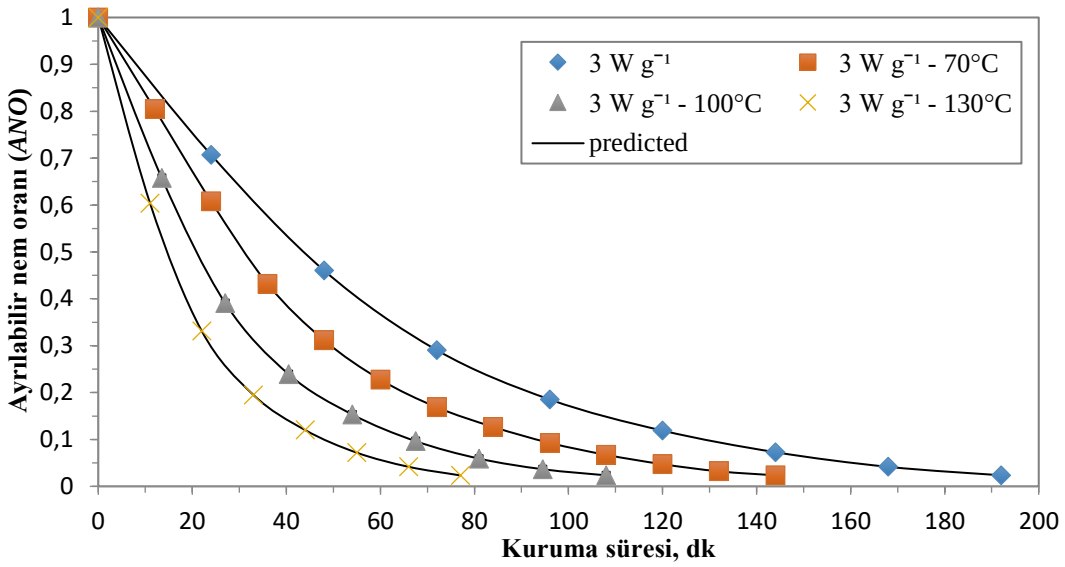
Doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine konvektif-mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulmuş Trabzon hurmasının zamana bağlı deneysel ayrılabilir nem içerikleri, deneysel verilere en yakın tahmin verileri ile birlikte Şekil 4.9 ile 4.12 arasında gösterilmiştir. Buna göre, en düşük konvektif kurutma sıcaklığı olan 70°C'de 120 dakikanın sonunda ayrılabilir nem içeriğinin %57,65'i üründen buharlaşırken, aynı süre içerisinde doğal kurutma denemelerinden üründen ayrılan nem oranının %9 olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, en düşük mikrodalga güç yoğunluğu olan 3 W g^{-1} 'de kurutma işlemin yirminci dakikasında ayrılabilir nemin %30'u üründen buharlaştırılırken, 3 W g^{-1} – 70°C, 3 W g^{-1} – 100°C ve 3 W g^{-1} – 130°C'da aynı süre içinde ayrılabilir nemin sırasıyla %40, 61 ve 67'sinin üründen ayrıldığı tespit edilmiştir. Buna karşın, toplam kuruma süresi 36 dakika olan 5 W g^{-1}'de kurutmanın onuncu dakikasında toplam ayrılabilir nemin %71'i üründen uzaklaştırılırken, 5 W g^{-1} – 70°C, 5 W g^{-1} – 100°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'de aynı sürede bu oran sırasıyla %80, 85 ve 95'inin üründen buharlaştığı saptanmıştır.

Karaaslan (2014) dilimlenmiş Trabzon hurmasının 1,8 ve 2,7 W g^{-1}'de kurutulması esnasında kurutma süresinin ilk on dakikasında ayrılabilir nemin sırasıyla yaklaşık %20

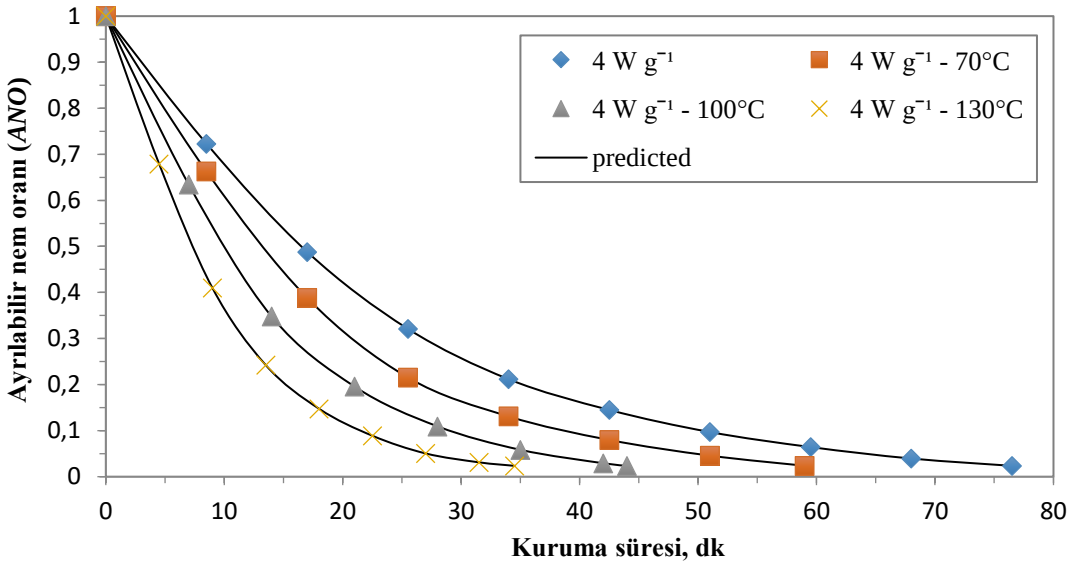
ve %30'unun üründen buharlaşarak ayrıldığını saptamıştır. Kaya vd. (2015) Trabzon hurmasını toplam kurutma süresi 17 saat olan 60°C'de kurutmuş ve kurutmanın beşinci saatinde ayrılabilir nemin yaklaşık %60'ının materyalden uzaklaştırıldığını tespit etmiştir. Çelen (2019) Trabzon hurmasını 350 ve 460 W mikrodalga çıkış güçlerinde kurutmuş ve kurutma denemelerinin ilk beş dakikasında ayrılabilir nemin sırasıyla yaklaşık %64 ve 84'ünün üründen ayrıldığını bildirmiştir. Khaled vd. (2020) Trabzon hurmasının 70°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve kurutma işleminin yüz yirminci dakikasında ayrılabilir nemin yaklaşık %65'inin üründen uzaklaştığını belirlemiştir. Zhao vd. (2021) Trabzon hurmasını 70°C'de kurutmuş ve 120 dakikalık kurutma süresi sonunda toplam ayrılabilir nemin yaklaşık %80'inin materyalden buharlaştırıldığını saptamıştır.



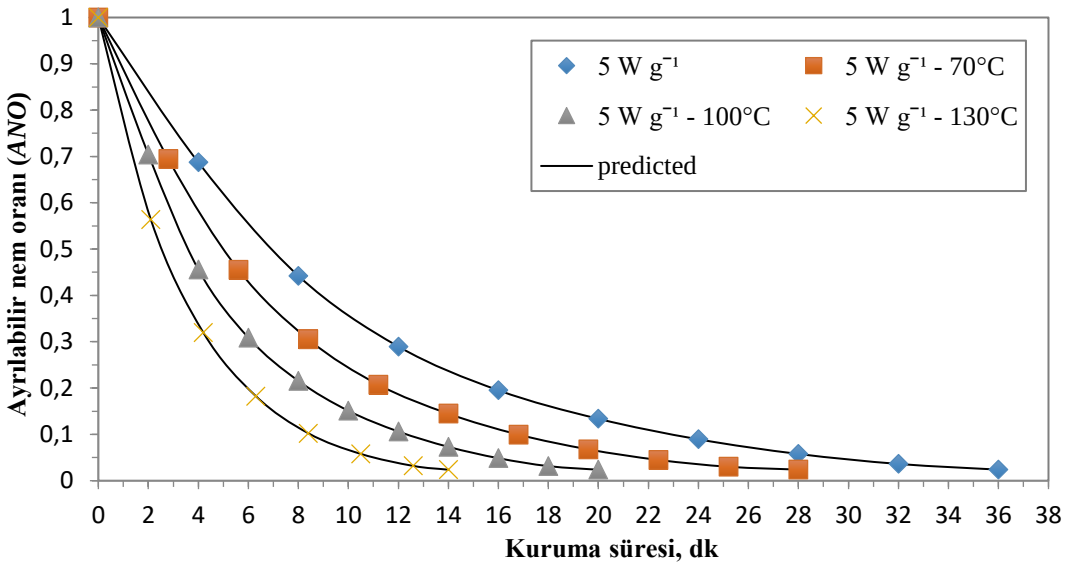
Şekil 4.9. Doğal ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: doğal kurutma için Logistic eşitliği, 70 ve 130°C için Alibas eşitliği ve 100°C için Weibull dağılımı eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir.



Şekil 4.10. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemlerinin kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: 3 W g^{-1} için Jena ve Das eşitliği, 3 W g^{-1} – 70ºC için Verma vd. eşitliği ve 3 W g^{-1} – 100ºC ve 3 W g^{-1} – 130°C için Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir.



Şekil 4.11. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemlerinin kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: 4 W g^{-1} için Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği ve 4 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C için Alibas eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir



Şekil 4.12. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemlerinin kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin deneysel ve deneysel sonuçlara en yakın sonuçları veren model aracılığıyla hesaplanan tahmini ayrılabilir nem içeriği: 5 W g^{-1}, 5 W g^{-1} - 70°C ve 5 W g^{-1} - 100°C için Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği ve 5 W g^{-1} - 130°C için Page eşitliği en iyi model olarak seçilmiştir.

Deneysel veriler çalışmada kullanılan 21 farklı ince tabaka kurutma denkleminden elde edilen tahmin verilerine ait istatistiksel parametreler (R^2, *SH*, *KOH*, χ^2) doğal ve konvektif kurutma için Çizelge 4.2'de, 3 W g^{-1} ve kombinasyonları için Çizelge 4.3'de, 4 W g^{-1} ve kombinasyonları için Çizelge 4.4'te ve 5 W g^{-1} ve kombinasyonları için 4.5'te sunulmuştur. Doğal kurutmada 0,9998 belirleme katsayısı ile Logistic eşitliği en başarılı model seçilirken, 70 ve 130°C'de yapılan her iki kurutma için 1,0000 olan belirleme katsayısıyla Alibas eşitliği en iyi tahmin eşitliği olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 100°C için en başarılı tahmin eşitliği olan Weibull dağılımının da belirleme katsayısının 1,0000 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 3 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'da sırasıyla en iyi tahmin modeli sırasıyla 0,9998, 0,9999, 0,9999 ve 1,0000 olan belirleme katsayılarıyla Verma vd. eşitliği olarak tayin edilmiştir. Öte yandan, Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği, 3 W g^{-1} – 100°C, 3 W g^{-1} – 130°C, 4 W g^{-1}, 5 W g^{-1}, 5 W g^{-1} – 70°C ve 5 W g^{-1} – 100°C için 1,0000 olan belirleme katsayısı değeri ile en başarılı model olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, 1,0000 belirleme katsayısı değeri ile 3 W g^{-1} için en iyi tahmin modeli Jena ve Das

eşitliği iken, 5 W g^{-1} – 130°C için Page eşitliği ile deneysel verilere en yakın tahmin sonuçları elde edilmiştir.

Pek çok çalışmada, çeşitli tarımsal ürünler benzer mikrodalga güç yoğunlukları ve benzer sıcaklıklar kullanılarak, mikrodalga ve konvektif kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ve kurutma işlemlerinden elde edilen deneysel veriler bu tezde kullanılan ince tabaka kurutma eşitlikleri ile tahmin verilerine dönüştürülmüştür. Tartışma kısmında yer alan tüm çalışmalarda, deneysel verilere en yakın tahmin sonuçlarını veren eşitlikler tez çalışması ile paralellik göstermektedir. López vd. (2010) 90°C'de yapılan konvektif kurutma için en iyi modelin Weibull dağılımı eşitliği olduğunu belirtmiştir. Alibas vd. (2020) 24 W g^{-1}'de elma kabuğunu kurutmuş olup deneysel verilere en yakın modelin Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği olduğunu saptamıştır. Alibas ve Yilmaz (2021) 3,5 ve 5,0 W g^{-1} mikrodalga güç yoğunluklarında portakal dilimlerini kurutmuş ve deneysel verilerine en yakın sonuçların Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliğinde elde edildiğini vurgulamıştır. Alibas vd. (2021) fesleğen yapraklarını kuruttukları bir çalışmada, en başarılı modelin 50°C konvektif kurutma için Alibas eşitliği ve 20 W g^{-1} için Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği olduğunu vurgulamıştır.

Trabzon hurmasının doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine konvektif-mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulup modellenmesinde kullanılan 21 farklı ince tabaka kurutma eşitliğine ait sabit ve katsayılar Çizelge 4.6 ile Çizelge 4.13 arasında gösterilmiştir. Buna göre, konvektif kurutmada uygulanan kurutma sıcaklığının artması ile deneysel verilere en yakın tahmin sonuçlarını veren eşitliklere ilişkin kurutma sabitinin (k) de arttığı görülmüştür. Benzer şekilde, mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla kurutma sabitinin (k) artış gösterdiği tespit edilirken, 4 W g^{-1}'in kombinasyonlarında uygulanan sıcaklığın artırılması aynı değerde benzer bir artış kaydedilmiştir. Öte yandan, mikrodalga güç yoğunluğunun artması ile kurutma katsayılarından biri olan "a" katsayısının sayısal değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde "a" katsayısı 3 W g^{-1}'in kombinasyonlarında uygulanan sıcaklığın artması ile azalmıştır. Bununla birlikte, 4 W g^{-1}'in sıcaklıkla olan tüm kombinasyonlarında "a" katsayısının benzer değerlerde olduğu kaydedilmiştir.

Çizelge 4.2. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleri ile kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler

Model	Doğal Kurutma				70°C			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9971	0,0216	$2,3015\ 10^{-3}$	$5,7383\ 10^{-6}$	0,9935	0,0284	$9,8343\ 10^{-3}$	$1,1053\ 10^{-4}$
2	0,9993	0,0112	$1,2196\ 10^{-2}$	$1,7577\ 10^{-4}$	1,0000	0,0021	$0,7085\ 10^{-3}$	$6,6921\ 10^{-7}$
3	0,9976	0,0216	$1,5773\ 10^{-2}$	$3,2342\ 10^{-4}$	0,9945	0,0311	$1,8857\ 10^{-2}$	$5,6892\ 10^{-4}$
4	0,9971	0,0226	$2,3015\ 10^{-3}$	$6,2599\ 10^{-6}$	0,9935	0,0306	$9,8345\ 10^{-3}$	$1,2896\ 10^{-4}$
5	0,9976	0,0206	$1,5773\ 10^{-2}$	$2,9402\ 10^{-4}$	0,9945	0,0284	$1,8857\ 10^{-2}$	$0,4741\ 10^{-3}$
6	0,9988	0,0153	$2,8590\ 10^{-11}$	$1,0623\ 10^{-21}$	0,9976	0,0204	$7,3370\ 10^{-12}$	$8,6127\ 10^{-23}$
7	0,9978	0,0219	$1,4626\ 10^{-2}$	$3,0901\ 10^{-4}$	0,9994	0,0116	$5,6803\ 10^{-3}$	$6,4533\ 10^{-5}$
8	0,9996	0,0087	$8,8078\ 10^{-3}$	$9,1682\ 10^{-5}$	1,0000	0,0020	$0,5321\ 10^{-3}$	$3,7745\ 10^{-7}$
9	0,9966	0,0245	$2,6349\ 10^{-2}$	$8,2053\ 10^{-4}$	0,9962	0,0235	$8,3178\ 10^{-3}$	$9,2248\ 10^{-5}$
10	0,9971	0,0237	$2,3015\ 10^{-1}$	$6,8858\ 10^{-2}$	0,9935	0,0336	$9,8343\ 10^{-3}$	$1,5474\ 10^{-4}$
11	0,9978	0,0207	$1,4626\ 10^{-2}$	$2,7811\ 10^{-4}$	0,9994	0,0103	$5,6803\ 10^{-3}$	$5,1626\ 10^{-5}$
12	0,9970	0,0268	$3,3411\ 10^{-2}$	$2,0731\ 10^{-3}$	0,9993	0,0146	$0,1267\ 10^{-3}$	$6,4220\ 10^{-8}$
13	0,9976	0,0216	$1,5773\ 10^{-2}$	$3,2342\ 10^{-4}$	0,9945	0,0311	$1,8857\ 10^{-2}$	$5,6892\ 10^{-4}$
14	0,9993	0,0118	$1,2196\ 10^{-1}$	$1,9335\ 10^{-2}$	1,0000	0,0023	$0,7085\ 10^{-3}$	$8,0305\ 10^{-7}$
15	0,9139	0,1364	$0,1094\ 10^{-3}$	$1,7283\ 10^{-8}$	1,0000	0,0021	$5,6450\ 10^{-5}$	$6,3737\ 10^{-9}$
16	0,9996	0,0098	$5,4840\ 10^{-10}$	$4,3444\ 10^{-19}$	1,0000	0,0022	$7,7280\ 10^{-16}$	$1,1944\ 10^{-30}$
17	0,9996	0,0085	$2,9581\ 10^{-3}$	$1,0341\ 10^{-5}$	0,9993	0,0101	$0,6817\ 10^{-2}$	$6,1962\ 10^{-5}$
18	0,9998	0,0061	$1,0955\ 10^{-3}$	$1,5602\ 10^{-6}$	1,0000	0,0025	$1,4068\ 10^{-3}$	$3,1664\ 10^{-6}$
19	0,9991	0,0138	$7,9470\ 10^{-11}$	$9,1222\ 10^{-21}$	0,9999	0,0055	$5,0380\ 10^{-11}$	$5,0758\ 10^{-21}$
20	0,9988	0,0161	$9,0400\ 10^{-8}$	$1,1803\ 10^{-14}$	0,9976	0,0229	$1,1280\ 10^{-9}$	$2,5427\ 10^{-18}$
21	0,9995	0,0113	$1,7320\ 10^{-11}$	$4,8754\ 10^{-22}$	1,0000	0,0015	$3,4650\ 10^{-13}$	$3,2020\ 10^{-25}$
Model	**100°C**				**130°C**			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9901	0,0351	$1,0774\ 10^{-2}$	$1,3265\ 10^{-4}$	0,9934	0,0285	$1,1008\ 10^{-2}$	$1,3848\ 10^{-4}$
2	0,9998	0,0053	$3,4572\ 10^{-3}$	$1,5937\ 10^{-5}$	0,9998	0,0056	$3,4626\ 10^{-3}$	$1,5986\ 10^{-5}$
3	0,9916	0,0382	$2,3079\ 10^{-2}$	$8,5220\ 10^{-4}$	0,9943	0,0313	$2,0091\ 10^{-2}$	$6,4586\ 10^{-4}$
4	0,9901	0,0379	$1,0774\ 10^{-2}$	$1,5476\ 10^{-4}$	0,9934	0,0308	$1,1008\ 10^{-2}$	$1,6156\ 10^{-4}$
5	0,9916	0,0349	$2,3079\ 10^{-2}$	$7,1017\ 10^{-4}$	0,9943	0,0286	$2,0091\ 10^{-2}$	$5,3821\ 10^{-4}$
6	0,9980	0,0186	$1,0660\ 10^{-12}$	$1,8173\ 10^{-24}$	0,9986	0,0153	$7,3190\ 10^{-11}$	$8,5705\ 10^{-21}$
7	0,9983	0,0195	$1,0318\ 10^{-2}$	$2,1293\ 10^{-4}$	0,9986	0,0175	$9,1078\ 10^{-3}$	$1,6591\ 10^{-4}$
8	0,9996	0,0074	$5,2954\ 10^{-3}$	$3,7388\ 10^{-5}$	0,9997	0,0065	$4,5686\ 10^{-3}$	$2,7830\ 10^{-5}$
9	0,9987	0,0136	$3,1586\ 10^{-2}$	$1,3303\ 10^{-5}$	0,9975	0,0188	$0,7817\ 10^{-2}$	$8,1474\ 10^{-5}$
10	0,9901	0,0415	$1,0774\ 10^{-2}$	$1,8572\ 10^{-4}$	0,9934	0,0337	$1,1008\ 10^{-2}$	$1,9387\ 10^{-4}$
11	0,9983	0,0174	$1,0318\ 10^{-2}$	$1,7035\ 10^{-4}$	0,9986	0,0156	$9,1078\ 10^{-3}$	$1,3272\ 10^{-4}$
12	0,9923	0,0472	$4,5706\ 10^{-2}$	$8,3562\ 10^{-3}$	0,9978	0,0249	$2,2266\ 10^{-2}$	$1,9831\ 10^{-3}$
13	0,9916	0,0382	$2,3079\ 10^{-2}$	$8,5220\ 10^{-4}$	0,9943	0,0313	$2,0091\ 10^{-2}$	$6,4586\ 10^{-4}$
14	0,9998	0,0058	$3,4572\ 10^{-3}$	$1,9124\ 10^{-5}$	0,9998	0,0061	$3,4626\ 10^{-3}$	$1,9184\ 10^{-5}$
15	1,0000	0,0028	$4,3050\ 10^{-5}$	$3,7065\ 10^{-9}$	0,9999	0,0044	$0,0118\ 10^{-2}$	$2,7850\ 10^{-8}$
16	1,0000	0,0026	$5,2380\ 10^{-16}$	$5,4868\ 10^{-31}$	0,9999	0,0041	$1,1040\ 10^{-12}$	$2,4384\ 10^{-24}$
17	0,9996	0,0076	$4,2587\ 10^{-3}$	$2,4182\ 10^{-5}$	0,9998	0,0048	$2,9957\ 10^{-3}$	$1,1966\ 10^{-5}$
18	0,9999	0,0051	$2,1238\ 10^{-3}$	$7,2166\ 10^{-6}$	0,9999	0,0041	$1,9735\ 10^{-3}$	$6,2317\ 10^{-6}$
19	0,9999	0,0045	$2,1690\ 10^{-10}$	$9,4085\ 10^{-20}$	0,9998	0,0064	$1,4890\ 10^{-11}$	$4,4334\ 10^{-22}$
20	0,9980	0,0208	$9,2410\ 10^{-10}$	$1,7079\ 10^{-18}$	0,9986	0,0171	$2,0690\ 10^{-9}$	$8,5653\ 10^{-18}$
21	1,0000	0,0030	$1,6650\ 10^{-10}$	$7,3967\ 10^{-20}$	1,0000	0,0019	$9,4160\ 10^{-13}$	$2,3645\ 10^{-24}$

Çizelge 4.3. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler

Model	3 W g^{-1}				3 W g^{-1} - 70°C			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9968	0,0193	0,6448 10^{-2}	4,6773 10^{-5}	0,9955	0,0214	2,4693 10^{-3}	6,6055 10^{-6}
2	0,9999	0,0034	1,0093 10^{-3}	1,3098 10^{-6}	0,9993	0,0087	7,1287 10^{-3}	6,0059 10^{-5}
3	0,9973	0,0202	1,3162 10^{-2}	2,5987 10^{-4}	0,9968	0,0198	1,1847 10^{-2}	1,8245 10^{-4}
4	0,9968	0,0206	0,6448 10^{-2}	5,3455 10^{-5}	0,9955	0,0224	2,4694 10^{-3}	7,2066 10^{-6}
5	0,9973	0,0187	1,3162 10^{-2}	2,2275 10^{-4}	0,9968	0,0188	1,1847 10^{-2}	1,6586 10^{-4}
6	0,9988	0,0135	2,1720 10^{-10}	7,0775 10^{-20}	0,9976	0,0171	2,3560 10^{-9}	7,2157 10^{-18}
7	0,9999	0,0032	1,0503 10^{-3}	1,9856 10^{-6}	0,9998	0,0049	0,9482 10^{-3}	1,2987 10^{-6}
8	0,9999	0,0039	1,2975 10^{-3}	2,1646 10^{-6}	0,9992	0,0093	8,1772 10^{-3}	7,9024 10^{-5}
9	0,9918	0,0328	1,4910 10^{-2}	2,8583 10^{-4}	0,9880	0,0365	1,8305 10^{-2}	3,9598 10^{-4}
10	0,9968	0,0223	0,6448 10^{-2}	6,2365 10^{-5}	0,9955	0,0235	2,4693 10^{-3}	7,9268 10^{-6}
11	0,9998	0,0052	3,5905 10^{-3}	1,9338 10^{-5}	0,9998	0,0046	0,0901 10^{-2}	1,0553 10^{-6}
12	1,0000	0,0027	3,6720 10^{-5}	4,0457 10^{-9}	0,9997	0,0065	1,1078 10^{-3}	2,2792 10^{-6}
13	0,9973	0,0202	1,3162 10^{-2}	2,5987 10^{-4}	0,9968	0,0198	1,1847 10^{-2}	1,8244 10^{-4}
14	0,9999	0,0037	1,0093 10^{-3}	1,5280 10^{-6}	0,9993	0,0092	7,1287 10^{-3}	6,6065 10^{-5}
15	0,9999	0,0039	0,1461 10^{-3}	3,8421 10^{-8}	0,9996	0,0077	0,4851 10^{-3}	3,3996 10^{-7}
16	0,9999	0,0039	2,2670 10^{-10}	9,2516 10^{-20}	0,9996	0,0073	1,3160 10^{-11}	2,5012 10^{-22}
17	0,9994	0,0087	4,4934 10^{-3}	2,5959 10^{-5}	0,9980	0,0147	1,0909 10^{-2}	1,4065 10^{-4}
18	0,9998	0,0053	0,9988 10^{-3}	1,4964 10^{-6}	0,9991	0,0107	5,0058 10^{-3}	3,2575 10^{-5}
19	1,0000	0,0023	7,6520 10^{-13}	1,0539 10^{-24}	0,9998	0,0054	2,0990 10^{-12}	6,3644 10^{-24}
20	0,9988	0,0147	1,6340 10^{-9}	4,8064 10^{-18}	0,9976	0,0180	1,1380 10^{-10}	1,8706 10^{-20}
21	0,9999	0,0038	4,1960 10^{-13}	3,9622 10^{-25}	0,9997	0,007	9,5000 10^{-12}	1,4667 10^{-22}
Model	**3 W g^{-1} - 100°C**				**3 W g^{-1} - 130°C**			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9989	0,0110	0,0189 10^{-2}	4,0187 10^{-8}	0,9994	0,0086	1,4423 10^{-3}	2,3773 10^{-6}
2	0,9995	0,0079	4,6308 10^{-3}	2,7571 10^{-5}	0,9995	0,0083	3,8099 10^{-3}	1,9354 10^{-5}
3	0,9991	0,0119	3,0767 10^{-3}	1,4199 10^{-5}	0,9994	0,0100	2,0330 10^{-5}	6,6105 10^{-10}
4	0,9989	0,0117	0,1891 10^{-3}	4,5980 10^{-8}	0,9994	0,0093	1,4423 10^{-3}	2,7735 10^{-6}
5	0,9991	0,0110	3,0767 10^{-2}	1,2170 10^{-5}	0,9994	0,0091	2,0330 10^{-5}	5,5110 10^{-10}
6	0,9991	0,0115	4,1920 10^{-11}	2,6360 10^{-21}	0,9994	0,0100	2,0680 10^{-12}	6,8430 10^{-24}
7	0,9998	0,0061	3,2542 10^{-3}	1,9061 10^{-5}	0,9996	0,0087	3,7911 10^{-3}	2,8745 10^{-5}
8	0,9994	0,0087	5,2014 10^{-3}	3,4784 10^{-5}	0,9994	0,0089	3,6847 10^{-3}	1,8102 10^{-5}
9	0,9790	0,0518	2,6691 10^{-2}	9,1598 10^{-4}	0,9762	0,0571	2,7275 10^{-2}	9,9186 10^{-4}
10	0,9989	0,0127	0,0189 10^{-2}	5,3583 10^{-8}	0,9994	0,0102	1,4423 10^{-3}	3,3283 10^{-6}
11	0,9998	0,0056	3,2542 10^{-3}	1,5884 10^{-5}	0,9996	0,0078	3,7912 10^{-3}	2,2997 10^{-5}
12	1,0000	0,0019	0,2545 10^{-3}	1,9425 10^{-7}	1,0000	0,0021	0,4379 10^{-3}	7,6693 10^{-7}
13	0,9991	0,0119	3,0767 10^{-3}	1,4199 10^{-5}	0,9994	0,0100	2,0330 10^{-5}	6,6134 10^{-10}
14	0,9995	0,0085	4,6308 10^{-3}	3,2166 10^{-5}	0,9995	0,0091	3,8099 10^{-3}	2,3225 10^{-5}
15	0,9997	0,0076	0,3486 10^{-3}	2,1868 10^{-7}	0,9996	0,0087	0,3564 10^{-3}	2,5398 10^{-7}
16	0,9997	0,0072	3,3950 10^{-12}	2,0751 10^{-23}	0,9997	0,0083	7,9830 10^{-10}	1,2747 10^{-18}
17	0,9992	0,0100	0,4529 10^{-2}	2,6372 10^{-5}	0,9994	0,0091	0,2924 10^{-2}	1,1400 10^{-5}
18	0,9994	0,0091	3,4138 10^{-3}	1,7481 10^{-5}	0,9995	0,0094	2,7671 10^{-3}	1,2251 10^{-5}
19	0,9998	0,0056	8,7650 10^{-13}	1,3829 10^{-24}	0,9997	0,0073	5,8230 10^{-12}	6,7808 10^{-23}
20	0,9991	0,0126	2,1360 10^{-8}	8,2100 10^{-16}	0,9994	0,0112	4,8290 10^{-9}	4,6642 10^{-17}
21	0,9997	0,0077	2,8720 10^{-11}	1,8562 10^{-21}	0,9997	0,0095	1,1020 10^{-11}	3,2387 10^{-22}

Çizelge 4.4. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler

Model	4 W g^{-1}				4 W g^{-1} - 70°C			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9978	0,0153	$4{,}0003\ 10^{-3}$	$1{,}7780\ 10^{-5}$	0,9964	0,0208	$4{,}8542\ 10^{-3}$	$2{,}6930\ 10^{-5}$
2	0,9998	0,0048	$2{,}5342\ 10^{-3}$	$8{,}0276\ 10^{-6}$	0,9995	0,0080	$4{,}5394\ 10^{-3}$	$2{,}7475\ 10^{-5}$
3	0,9983	0,0154	$9{,}5461\ 10^{-3}$	$1{,}3018\ 10^{-4}$	0,9969	0,0229	$1{,}1017\ 10^{-2}$	$1{,}9419\ 10^{-4}$
4	0,9978	0,0162	$4{,}0003\ 10^{-3}$	$2{,}0003\ 10^{-5}$	0,9964	0,0225	$4{,}8543\ 10^{-3}$	$3{,}1419\ 10^{-5}$
5	0,9983	0,0144	$9{,}5457\ 10^{-3}$	$1{,}1390\ 10^{-4}$	0,9969	0,0209	$1{,}1017\ 10^{-2}$	$1{,}6182\ 10^{-4}$
6	0,9990	0,0119	$2{,}0740\ 10^{-12}$	$6{,}1433\ 10^{-24}$	0,9979	0,0189	$3{,}6860\ 10^{-12}$	$2{,}1744\ 10^{-23}$
7	0,9999	0,0030	$0{,}5096\ 10^{-3}$	$4{,}3291\ 10^{-7}$	0,9999	0,0051	$0{,}6819\ 10^{-3}$	$9{,}3002\ 10^{-7}$
8	0,9997	0,0057	$3{,}3089\ 10^{-3}$	$1{,}3686\ 10^{-5}$	0,9996	0,0080	$4{,}9353\ 10^{-3}$	$3{,}2476\ 10^{-5}$
9	0,9878	0,0385	$1{,}9966\ 10^{-2}$	$4{,}9831\ 10^{-4}$	0,9905	0,0367	$1{,}3894\ 10^{-2}$	$2{,}5740\ 10^{-5}$
10	0,9978	0,0173	$4{,}0003\ 10^{-3}$	$2{,}2860\ 10^{-5}$	0,9964	0,0246	$4{,}8542\ 10^{-3}$	$3{,}7702\ 10^{-5}$
11	0,9999	0,0027	$0{,}5145\ 10^{-3}$	$3{,}7817\ 10^{-7}$	0,9999	0,0046	$0{,}6817\ 10^{-3}$	$7{,}4357\ 10^{-7}$
12	1,0000	0,0029	$5{,}2850\ 10^{-5}$	$6{,}9821\ 10^{-9}$	0,9999	0,0057	$0{,}1375\ 10^{-3}$	$7{,}5572\ 10^{-8}$
13	0,9983	0,0154	$9{,}5457\ 10^{-2}$	$1{,}3017\ 10^{-4}$	0,9969	0,0229	$1{,}1017\ 10^{-2}$	$1{,}9419\ 10^{-4}$
14	0,9998	0,0051	$2{,}5342\ 10^{-3}$	$9{,}1744\ 10^{-6}$	0,9995	0,0088	$4{,}5394\ 10^{-3}$	$3{,}2970\ 10^{-5}$
15	0,9999	0,0049	$0{,}2328\ 10^{-3}$	$9{,}0351\ 10^{-8}$	0,9997	0,0075	$0{,}3104\ 10^{-3}$	$1{,}9266\ 10^{-7}$
16	0,9999	0,0047	$5{,}5740\ 10^{-12}$	$5{,}1776\ 10^{-23}$	0,9998	0,007	$9{,}7960\ 10^{-11}$	$1{,}9191\ 10^{-20}$
17	0,9993	0,0090	$4{,}9081\ 10^{-3}$	$3{,}0112\ 10^{-5}$	0,9987	0,0137	$6{,}6345\ 10^{-3}$	$5{,}8689\ 10^{-5}$
18	0,9997	0,0064	$1{,}9895\ 10^{-3}$	$5{,}6542\ 10^{-6}$	0,9994	0,0099	$4{,}0506\ 10^{-3}$	$2{,}6252\ 10^{-5}$
19	0,9999	0,0032	$2{,}4290\ 10^{-13}$	$9{,}8305\ 10^{-26}$	0,9999	0,0053	$6{,}2630\ 10^{-15}$	$7{,}8455\ 10^{-29}$
20	0,9990	0,0129	$5{,}9410\ 10^{-12}$	$5{,}8831\ 10^{-23}$	0,9979	0,0211	$4{,}1290\ 10^{-9}$	$3{,}4098\ 10^{-17}$
21	0,9999	0,0048	$1{,}1680\ 10^{-11}$	$2{,}7298\ 10^{-22}$	0,9998	0,0074	$9{,}6790\ 10^{-12}$	$2{,}4983\ 10^{-22}$
Model	**4 W g^{-1} - 100°C**				**4 W g^{-1} - 130°C**			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9969	0,0196	$7{,}9368\ 10^{-3}$	$7{,}1992\ 10^{-5}$	0,9968	0,0193	$5{,}7179\ 10^{-3}$	$3{,}6781\ 10^{-5}$
2	0,9998	0,0058	$0{,}2398\ 10^{-2}$	$7{,}6670\ 10^{-6}$	0,9997	0,0060	$4{,}5453\ 10^{-3}$	$2{,}6562\ 10^{-5}$
3	0,9972	0,0218	$1{,}3338\ 10^{-2}$	$2{,}8465\ 10^{-4}$	0,9973	0,0205	$1{,}1766\ 10^{-2}$	$2{,}0767\ 10^{-4}$
4	0,9969	0,0212	$7{,}9371\ 10^{-3}$	$8{,}3997\ 10^{-5}$	0,9968	0,0207	$5{,}7179\ 10^{-3}$	$4{,}2035\ 10^{-5}$
5	0,9972	0,0199	$1{,}3338\ 10^{-2}$	$2{,}3720\ 10^{-4}$	0,9973	0,0190	$1{,}1766\ 10^{-2}$	$1{,}7800\ 10^{-4}$
6	0,9985	0,0160	$1{,}4760\ 10^{-11}$	$3{,}4844\ 10^{-22}$	0,9982	0,0168	$5{,}1040\ 10^{-10}$	$3{,}9077\ 10^{-19}$
7	0,9999	0,0033	$1{,}3776\ 10^{-3}$	$3{,}7955\ 10^{-6}$	1,0000	0,0017	$0{,}2288\ 10^{-3}$	$9{,}4191\ 10^{-8}$
8	0,9998	0,0059	$0{,}2544\ 10^{-2}$	$8{,}6289\ 10^{-6}$	0,9997	0,0062	$4{,}9298\ 10^{-3}$	$3{,}1246\ 10^{-5}$
9	0,9921	0,0335	$1{,}2649\ 10^{-2}$	$2{,}1332\ 10^{-4}$	0,9893	0,0377	$1{,}6719\ 10^{-2}$	$3{,}5937\ 10^{-4}$
10	0,9969	0,0232	$7{,}9368\ 10^{-3}$	$1{,}0079\ 10^{-4}$	0,9968	0,0223	$5{,}7179\ 10^{-3}$	$4{,}9041\ 10^{-5}$
11	0,9999	0,0030	$1{,}3776\ 10^{-3}$	$3{,}0364\ 10^{-6}$	1,0000	0,0016	$0{,}2285\ 10^{-3}$	$7{,}8310\ 10^{-8}$
12	0,9999	0,0043	$0{,}7302\ 10^{-3}$	$2{,}1326\ 10^{-6}$	1,0000	0,0018	$4{,}4640\ 10^{-5}$	$5{,}9790\ 10^{-9}$
13	0,9972	0,0218	$1{,}3338\ 10^{-2}$	$2{,}8465\ 10^{-4}$	0,9973	0,0205	$1{,}1766\ 10^{-2}$	$2{,}0767\ 10^{-4}$
14	0,9998	0,0064	$0{,}2398\ 10^{-2}$	$9{,}2003\ 10^{-6}$	0,9997	0,0065	$4{,}5452\ 10^{-3}$	$3{,}0989\ 10^{-5}$
15	0,9998	0,0065	$0{,}2139\ 10^{-3}$	$9{,}1504\ 10^{-8}$	0,9999	0,0048	$0{,}2126\ 10^{-3}$	$8{,}1376\ 10^{-8}$
16	0,9998	0,0063	$1{,}1100\ 10^{-14}$	$2{,}4658\ 10^{-28}$	0,9999	0,0045	$4{,}2790\ 10^{-13}$	$3{,}2962\ 10^{-25}$
17	0,9992	0,0108	$4{,}8436\ 10^{-3}$	$3{,}1281\ 10^{-5}$	0,9990	0,0118	$7{,}2814\ 10^{-3}$	$6{,}8167\ 10^{-5}$
18	0,9997	0,0075	$0{,}2053\ 10^{-2}$	$6{,}7440\ 10^{-6}$	0,9996	0,0078	$4{,}0192\ 10^{-3}$	$2{,}4231\ 10^{-5}$
19	0,9999	0,0041	$1{,}4050\ 10^{-10}$	$3{,}9463\ 10^{-20}$	1,0000	0,0021	$1{,}1230\ 10^{-13}$	$2{,}2692\ 10^{-26}$
20	0,9985	0,0179	$1{,}9760\ 10^{-8}$	$7{,}8130\ 10^{-16}$	0,9982	0,0184	$4{,}8640\ 10^{-11}$	$4{,}2584\ 10^{-21}$
21	0,9998	0,0066	$4{,}9460\ 10^{-12}$	$6{,}5244\ 10^{-23}$	0,9980	0,0217	$0{,}1213\ 10^{-3}$	$3{,}3103\ 10^{-8}$

Çizelge 4.5. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin modellenmesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerine ilişkin istatistiksel veriler

Model	5 W g^{-1}				5 W g^{-1} - 70°C			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9995	0,0074	0,2345 10^{-3}	6,1098 10^{-8}	0,9996	0,0060	2,4723 10^{-3}	6,7235 10^{-6}
2	0,9997	0,0061	2,7967 10^{-3}	9,7770 10^{-6}	0,9997	0,0058	3,9102 10^{-3}	1,8687 10^{-5}
3	0,9995	0,0078	1,7118 10^{-3}	4,1860 10^{-6}	0,9997	0,0064	0,0125 10^{-1}	2,1483 10^{-6}
4	0,9995	0,0079	0,2345 10^{-3}	6,8734 10^{-8}	0,9996	0,0063	2,4723 10^{-3}	7,4705 10^{-6}
5	0,9995	0,0073	1,7116 10^{-3}	3,6620 10^{-6}	0,9997	0,0060	0,0125 10^{-1}	1,9096 10^{-6}
6	0,9996	0,0077	1,3670 10^{-13}	2,6711 10^{-26}	0,9997	0,0063	4,7970 10^{-12}	3,1643 10^{-23}
7	0,9998	0,0053	1,9995 10^{-3}	6,6632 10^{-6}	0,9998	0,0055	3,7692 10^{-3}	2,2325 10^{-5}
8	0,9996	0,0068	2,9764 10^{-3}	1,1074 10^{-5}	0,9997	0,0062	3,4752 10^{-3}	1,4760 10^{-5}
9	0,9771	0,0520	3,0330 10^{-2}	1,1499 10^{-3}	0,9699	0,0580	3,7711 10^{-2}	1,7381 10^{-3}
10	0,9995	0,0084	0,2346 10^{-3}	7,8627 10^{-8}	0,9996	0,0067	2,4723 10^{-3}	8,4043 10^{-6}
11	0,9998	0,0049	1,9995 10^{-3}	5,7112 10^{-7}	0,9998	0,0051	3,7692 10^{-3}	1,9535 10^{-5}
12	1,0000	0,0027	0,7807 10^{-3}	1,5238 10^{-6}	1,0000	0,0028	0,6795 10^{-3}	1,0157 10^{-6}
13	0,9995	0,0078	1,7116 10^{-3}	4,1851 10^{-6}	0,9997	0,0064	0,0125 10^{-1}	2,1483 10^{-6}
14	0,9997	0,0066	2,7967 10^{-3}	1,1174 10^{-5}	0,9997	0,0062	3,9102 10^{-3}	2,1023 10^{-5}
15	0,9997	0,0065	0,2968 10^{-3}	1,4679 10^{-7}	0,9998	0,0054	0,2745 10^{-3}	1,1837 10^{-7}
16	0,9997	0,0063	1,2870 10^{-11}	2,7596 10^{-22}	0,9998	0,0052	3,3320 10^{-12}	1,7445 10^{-23}
17	0,9996	0,0072	2,6536 10^{-3}	8,8019 10^{-6}	0,9997	0,0063	3,0366 10^{-3}	1,1270 10^{-5}
18	0,9996	0,0069	1,5591 10^{-3}	3,4727 10^{-6}	0,9997	0,0063	2,4329 10^{-3}	8,1389 10^{-6}
19	0,9998	0,0055	8,5970 10^{-12}	1,2319 10^{-22}	0,9999	0,0045	1,1970 10^{-10}	2,2508 10^{-20}
20	0,9996	0,0083	1,4990 10^{-8}	3,7464 10^{-16}	0,9997	0,0067	1,3760 10^{-10}	2,9739 10^{-20}
21	0,9998	0,0068	3,2220 10^{-12}	2,0763 10^{-23}	0,9998	0,0055	9,6870 10^{-13}	1,7203 10^{-24}
Model	**5 W g^{-1} - 100°C**				**5 W g^{-1} - 130°C**			
	R^2	SH	KOH	χ^2	R^2	SH	KOH	χ^2
1	0,9993	0,0085	3,2818 10^{-3}	1,1848 10^{-5}	1,0000	0,0011	0,2073 10^{-3}	4,9096 10^{-8}
2	0,9993	0,0087	0,4505 10^{-2}	2,4805 10^{-5}	1,0000	0,0009	0,2264 10^{-3}	6,8366 10^{-8}
3	0,9993	0,0092	1,8908 10^{-3}	4,9156 10^{-6}	1,0000	0,0013	0,3857 10^{-3}	2,3801 10^{-7}
4	0,9993	0,0089	3,2818 10^{-3}	1,3164 10^{-5}	1,0000	0,0012	0,2073 10^{-3}	5,7279 10^{-8}
5	0,9993	0,0087	1,8908 10^{-3}	4,3694 10^{-6}	1,0000	0,0012	0,3857 10^{-3}	1,9834 10^{-7}
6	0,9993	0,0091	1,2910 10^{-14}	2,2908 10^{-28}	1,0000	0,0012	4,7840 10^{-17}	3,6617 10^{-33}
7	0,9994	0,0088	0,3948 10^{-2}	2,4494 10^{-5}	1,0000	0,0011	0,1368 10^{-3}	3,7404 10^{-8}
8	0,9993	0,0089	3,4225 10^{-3}	1,4316 10^{-5}	1,0000	0,0012	0,2073 10^{-3}	5,7279 10^{-8}
9	0,9699	0,058	3,6691 10^{-2}	1,6454 10^{-3}	0,9754	0,0579	2,8970 10^{-2}	1,1190 10^{-3}
10	0,9993	0,0095	3,2818 10^{-3}	1,4809 10^{-5}	1,0000	0,0012	0,2073 10^{-3}	6,8735 10^{-8}
11	0,9995	0,0081	4,7225 10^{-3}	3,0666 10^{-5}	1,0000	0,0010	0,1368 10^{-3}	2,9930 10^{-8}
12	1,0000	0,0027	1,2263 10^{-3}	3,3085 10^{-6}	1,0000	0,0013	0,1725 10^{-3}	1,1901 10^{-7}
13	0,9993	0,0092	1,8908 10^{-3}	4,9156 10^{-6}	1,0000	0,0013	0,3857 10^{-3}	2,3801 10^{-7}
14	0,9993	0,0092	4,5049 10^{-3}	2,7905 10^{-5}	1,0000	0,0010	0,2264 10^{-3}	8,2040 10^{-8}
15	0,9994	0,009	0,4429 10^{-3}	3,0828 10^{-7}	1,0000	0,0011	2,7830 10^{-5}	1,5488 10^{-9}
16	0,9995	0,0087	7,5860 10^{-10}	9,0434 10^{-19}	1,0000	0,0011	3,8430 10^{-14}	2,9536 10^{-27}
17	0,9993	0,0089	3,2141 10^{-3}	1,2626 10^{-5}	1,0000	0,0010	0,2369 10^{-3}	7,4842 10^{-8}
18	0,9993	0,0092	2,2591 10^{-3}	7,0175 10^{-6}	1,0000	0,0013	0,3857 10^{-3}	2,3803 10^{-7}
19	0,9996	0,0079	1,4750 10^{-16}	3,4187 10^{-32}	1,0000	0,0011	6,3340 10^{-14}	8,0245 10^{-27}
20	0,9993	0,0097	2,6330 10^{-11}	1,0892 10^{-21}	1,0000	0,0014	1,7560 10^{-9}	6,1701 10^{-18}
21	0,9995	0,0093	1,4010 10^{-12}	3,5988 10^{-24}	1,0000	0,0012	2,2240 10^{-13}	1,3192 10^{-25}

Çizelge 4.6. Doğal ve 70°C konvektif kurutma uygulanarak kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	Doğal Kurutma					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0108					
2	k=0,0009	n=1,1147				
3	k=0,0066	n=0,2634	a=1,0161			
4	k=0,0472	n=-0,2207				
5	k=0,0099	a=1,0161				
6	k=0,0001	a=1,0516	c=-0,0436			
7	k_0=0,0092	k_1=1,0000	a=1,0222	b=-0,0222		
8	k=0,0327	a=1,6335				
9	a=0,0125	b=3,4620				
10	k=0,0026	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0034	a=1,0222	g=1,0000			
12	k=0,0005	a=1,0089	b=-1,3177	c=1,3088	g=1,0000	h=1,0000
13	L=2,2235	a=1,0161	c=0,0089			
14	k=0,0073	n=1,1147	L=2,5442			
15	k=0,0072	n=-0,9406	a=0,8002	b=-0,0001		
16	k=0,0017	n=1,1476	a=-0,0045	b=-0,9899		
17	k_1=0,1063	k_2=-5,4787				
18	k=0,0002	a=1,2066	a_0=2,1862			
19	k=0,0905	a=1,0184	b=0,0025	c=-0,0293		
20	k=0,0008	n=1,1926	a=1,0516	c=-0,0436		
21	k=0,9957	n=1,0099	a=0,9975	b=0,9957	g=-0,0112	
Model	**70°C**					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0075					
2	k=0,0999	n=1,1997				
3	k=0,0087	n=1,1006	a=1,0256			
4	k=0,0033	n=1,4417				
5	k=0,0041	a=1,0256				
6	k=0,0113	a=1,0707	c=-0,0566			
7	k_0=0,0065	k_1=1,0000	a=1,1779	b=-0,1779		
8	k=0,0099	a=1,7469				
9	a=-0,0054	b=0,0074				
10	k=0,0044	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0637	a=1,1779	g=1,0000			
12	k=0,0089	a=1,2015	b=1,2186	c=-1,4201	g=1,0000	h=1,0000
13	L=1,2780	a=1,0256	c=0,0035			
14	k=0,0009	n=1,1997	L=0,6969			
15	k=0,0029	n=1,2079	a=0,9996	b=7,3001		
16	k=0,0089	n=1,2088	a=0,0032	b=-0,9964		
17	k_1=0,0048	k_2=-0,0009				
18	k=0,0074	a=1,0187	a_0=2,0201			
19	k=0,0478	a=1,0110	b=0,0275	c=-0,0113		
20	k=0,0067	n=0,7537	a=1,0707	c=-0,0566		
21	k=0,0003	n=1,5116	a=0,9908	b=-0,0041	g=0,0092	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

Çizelge 4.7. 100°C ve 130°C konvektif kurutma uygulanarak kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	100°C					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0003					
2	k=0,0052	n=1,2364				
3	k=0,0199	n=0,9631	a=1,0326			
4	k=0,0177	n=0,8586				
5	k=0,0360	a=1,0326				
6	k=0,0087	a=1,1151	c=-0,1008			
7	k_0=0,0271	k_1=1,0000	a=1,1864	b=-0,1864		
8	k=0,4899	a=1,7868				
9	a=-0,0073	b=0,0016				
10	k=0,0629	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0001	a=1,1864	g=1,0000			
12	k=0,0099	a=1,0493	b=1,2720	c=-1,3214	g=1,0000	h=1,0000
13	L=2,0800	a=1,0326	c=0,0252			
14	k=0,0049	n=1,2364	L=1,9160			
15	k=0,0009	n=1,2027	a=0,9999	b=-5,2412		
16	k=0,0959	n=1,1959	a=-0,0185	b=-1,0185		
17	k_1=0,0078	k_2=0,1749				
18	k=0,0001	a=0,8086	a_0=1,8081			
19	k=0,0468	a=1,0396	b=0,0267	c=-0,0399		
20	k=0,0047	n=1,5174	a=1,1151	c=-0,1008		
21	k=0,0018	n=1,2834	a=1,0159	b=-0,0027	g=-0,0159	
Model	**130°C**					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0059					
2	k=0,5732	n=1,1909				
3	k=0,0064	n=1,9298	a=1,0251			
4	k=0,0047	n=3,0597				
5	k=0,0088	a=1,0251				
6	k=0,0591	a=1,0848	c=-0,0743			
7	k_0=0,0499	k_1=1,0000	a=1,1535	b=-0,1535		
8	k=0,0579	a=1,7245				
9	a=-0,0101	b=0,0009				
10	k=0,0091	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0023	a=1,1535	g=1,0000			
12	k=0,0149	a=1,1021	b=-0,0510	c=-0,0510	g=1,0000	h=1,0000
13	L=1,1917	a=1,0251	c=0,0057			
14	k=0,0009	n=1,1909	L=0,6605			
15	k=0,0065	n=0,8999	a=0,9992	b=-5,9363		
16	k=0,0196	n=1,1554	a=-0,0162	b=-1,0155		
17	k_1=0,0699	k_2=-0,0018				
18	k=0,0001	a=1,0457	a_0=2,0429			
19	k=0,0547	a=1,0320	b=0,0255	c=-0,0324		
20	k=0,0174	n=0,8535	a=1,0848	c=-0,0743		
21	k=4,0751	n=1,9669	a=0,9963	b=-0,0107	g=0,0038	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

Çizelge 4.8. 3 W g^{-1} ve 3 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	3 W g^{-1}					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0099					
2	k=0,0005	n=1,1287				
3	k=0,0060	n=1,4590	a=1,0207			
4	k=0,0115	n=2,0818				
5	k=0,0096	a=1,0207				
6	k=0,0287	a=1,0483	c=-0,0365			
7	k_0=0,2999	k_1=0,0595	a=1,2141	b=-0,2140		
8	k=0,0002	a=1,6373				
9	a=0,0084	b=3,7994				
10	k=0,0033	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0097	a=1,1139	g=1,0000			
12	k=0,0099	a=-0,1923	b=1,2787	c=-0,0864	g=0,0166	h=0,9766
13	L=1,3082	a=1,0207	c=0,0085			
14	k=0,0211	n=1,1287	L=2,1319			
15	k=0,7959	n=1,1322	a=1,0009	b=1,0351		
16	k=0,8894	n=1,1350	a=0,0030	b=-0,9978		
17	k_1=0,0053	k_2=-0,0014				
18	k=0,0455	a=1,7771	a_0=2,7834			
19	k=0,0202	a=1,0063	b=0,0285	c=-0,0062		
20	k=0,0067	n=0,7932	a=1,0483	c=-0,0365		
21	k=3,9692	n=1,0006	a=0,0089	b=3,9615	g=0,0012	
Model	**3 W g^{-1} – 70°C**					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0071					
2	k=0,0092	n=1,1332				
3	k=0,0307	n=1,0261	a=1,0330			
4	k=0,0013	n=2,1220				
5	k=0,0074	a=1,0330				
6	k=0,0001	a=1,0492	c=-0,0243			
7	k_0=0,0013	k_1=0,1537	a=1,1416	b=-0,1418		
8	k=0,0008	a=1,6589				
9	a=-0,0169	b=0,0001				
10	k=0,0845	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0081	a=1,1416	g=0,1536			
12	k=0,8999	a=-0,1101	b=0,5820	c=0,5281	g=0,0261	h=0,0261
13	L=-0,5160	a=1,0330	c=0,0009			
14	k=0,0749	n=1,1332	L=1,6149			
15	k=0,0069	n=1,1599	a=1,0038	b=9,6971		
16	k=0,0779	n=1,1719	a=0,0166	b=-0,9866		
17	k_1=0,0058	k_2=-0,0018				
18	k=0,0026	a=1,8964	a_0=2,9249			
19	k=0,6709	a=0,9941	b=0,0427	c=0,0059		
20	k=0,0066	n=0,6412	a=1,0492	c=-0,0243		
21	k=0,9999	n=1,0005	a=0,9871	b=7,3556	g=0,0146	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

Çizelge 4.9. 3 W g^{-1} – 100°C ve 3 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	3 W g^{-1} – 100°C					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0007					
2	k=0,0244	n=1,0568				
3	k=0,0090	n=1,3481	a=1,0100			
4	k=0,0404	n=1,1009				
5	k=0,0082	a=1,0099				
6	k=0,0009	a=1,0143	c=-0,0060			
7	k_0=0,0489	k_1=2,6322	a=1,0681	b=-0,0681		
8	k=0,0797	a=1,4637				
9	a=0,1999	b=0,0001				
10	k=0,0004	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0009	a=1,0681	g=8,0567			
12	k=0,5999	a=-0,2367	b=0,9505	c=0,2862	g=0,0341	h=0,1184
13	L=-0,5583	a=1,0099	c=0,0009			
14	k=0,0097	n=1,0568	L=1,3251			
15	k=0,0258	n=0,0009	a=1,0015	b=0,0001		
16	k=0,9789	n=1,0962	a=0,0146	b=-0,9867		
17	k_1=0,0055	k_2=-0,0010				
18	k=0,0392	a=4,9706	a_0=5,9910			
19	k=0,0899	a=0,9891	b=0,0349	c=0,0113		
20	k=0,0071	n=4,2377	a=1,0143	c=-0,0060		
21	k=0,9953	n=1,0004	a=0,9867	b=7,5800	g=0,0143	
Model	**3 W g^{-1} – 130°C**					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0088					
2	k=0,0047	n=1,0275				
3	k=0,0092	n=1,0982	a=1,0047			
4	k=0,0983	n=0,6634				
5	k=0,0027	a=1,0047				
6	k=0,0024	a=1,0047	c=4,1033			
7	k_0=0,6589	k_1=8,4909	a=1,0426	b=-0,0426		
8	k=0,0009	a=1,3301				
9	a=-0,0330	b=-0,0099				
10	k=0,0005	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0799	a=1,0426	g=2,4249			
12	k=0,7789	a=-0,6613	b=0,9030	c=0,7583	g=0,0463	h=0,2284
13	L=0,5291	a=1,0047	c=0,0068			
14	k=0,0075	n=1,0275	L=0,4432			
15	k=0,0259	n=1,0565	a=1,0011	b=0,0002		
16	k=0,0424	n=1,0684	a=0,0146	b=-0,9864		
17	k_1=0,0345	k_2=-0,0005				
18	k=0,0817	a=11,7571	a_0=12,7865			
19	k=0,0869	a=0,9873	b=0,0323	c=0,0130		
20	k=0,0389	n=1,1308	a=1,0046	c=0,0004		
21	k=0,9999	n=1,0004	a=0,9862	b=8,2647	g=0,0146	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

Çizelge 4.10. 4 W g^{-1} ve 4 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	4 W g^{-1}					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0123					
2	k=0,0493	n=1,0980				
3	k=0,0468	n=1,1592	a=1,0184			
4	k=0,0079	n=1,1914				
5	k=0,0166	a=1,0184				
6	k=0,0003	a=1,0349	c=-0,0229			
7	k_0=0,0198	k_1=0,2563	a=1,1101	b=-0,1101		
8	k=0,0002	a=1,5779				
9	a=0,0037	b=0,0003				
10	k=0,0001	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0569	a=1,1101	g=0,2562			
12	k=0,4799	a=-0,0884	b=1,0884	c=-6,0364	g=0,0477	h=-0,1183
13	L=0,4658	a=1,0184	c=0,0079			
14	k=0,0041	n=1,0980	L=0,5602			
15	k=0,0399	n=1,1108	a=1,0013	b=8,2287		
16	k=0,0419	n=1,1166	a=0,0082	b=-0,9930		
17	k_1=0,0005	k_2=-0,0027				
18	k=0,0227	a=2,5050	a_0=3,5172			
19	k=0,0897	a=0,9993	b=0,0411	c=0,0009		
20	k=0,0038	n=3,2960	a=1,0349	c=-0,0229		
21	k=0,9889	n=1,0005	a=0,9938	b=10,0559	g=0,0070	
Model	**4 W g^{-1} – 70°C**					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0592					
2	k=0,0759	n=1,1376				
3	k=0,0838	n=0,9244	a=1,0185			
4	k=0,0602	n=1,1634				
5	k=0,0097	a=1,0185				
6	k=0,0876	a=1,0407	c=-0,0284			
7	k_0=0,1899	k_1=0,4890	a=1,1482	b=-0,1482		
8	k=0,0019	a=1,6608				
9	a=-0,0405	b=0,0219				
10	k=0,1091	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0089	a=1,1482	g=0,4890			
12	k=0,4789	a=-0,1611	b=0,2439	c=0,9173	g=0,0510	h=0,0695
13	L=-0,5368	a=1,0185	c=0,0009			
14	k=0,0051	n=1,1376	L=0,5793			
15	k=0,0343	n=0,7999	a=1,0010	b=0,0002		
16	k=0,0578	n=1,1839	a=0,0164	b=-0,9844		
17	k_1=0,0002	k_2=-0,0044				
18	k=0,0003	a=1,6815	a_0=2,6895			
19	k=0,0999	a=0,9926	b=0,0767	c=0,0075		
20	k=0,0078	n=2,0402	a=1,0407	c=-0,0284		
21	k=0,9778	n=1,0006	a=0,9862	b=16,0078	g=0,0142	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

Çizelge 4.11. 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	4 W g^{-1} – 100°C					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0037					
2	k=0,0194	n=1,1374				
3	k=0,0058	n=1,8107	a=1,0166			
4	k=0,0866	n=1,1777				
5	k=0,5578	a=1,0166				
6	k=0,0008	a=1,0407	c=-0,0310			
7	k_0=0,7999	k_1=117,0748	a=1,1492	b=-0,1492		
8	k=0,0004	a=1,6551				
9	a=-0,0533	b=0,0033				
10	k=0,0076	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0197	a=1,1492	g=4,5580			
12	k=0,3999	a=-0,1755	b=0,5864	c=0,5892	g=0,0860	h=0,0860
13	L=-0,8087	a=1,0166	c=0,0004			
14	k=0,0009	n=1,1374	L=0,8309			
15	k=0,0078	n=1,1536	a=1,0009	b=0,0001		
16	k=0,0789	n=1,1597	a=0,0076	b=-0,9932		
17	k_1=0,0263	k_2=-0,0059				
18	k=0,0029	a=1,6836	a_0=2,6891			
19	k=0,1115	a=0,9996	b=0,0794	c=0,0006		
20	k=0,0392	n=1,6167	a=1,0407	c=-0,0310		
21	k=0,9999	n=1,0006	a=0,9944	b=20,8965	g=0,0061	
Model	**4 W g^{-1} – 130°C**					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0001					
2	k=0,0009	n=1,1325				
3	k=0,0002	n=2,3471	a=1,0196			
4	k=0,0032	n=2,7986				
5	k=0,0263	a=1,0196				
6	k=0,0222	a=1,0380	c=-0,0246			
7	k_0=0,0599	k_1=0,7570	a=1,1437	b=-0,1437		
8	k=0,0071	a=1,6502				
9	a=0,0103	b=0,0013				
10	k=0,0020	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,1142	a=1,1437	g=0,7570			
12	k=0,3999	a=-1,2678	b=1,1074	c=1,1603	g=0,1128	h=0,3672
13	L=0,8530	a=1,0196	c=0,1072			
14	k=0,0125	n=1,1325	L=-0,9622			
15	k=0,0193	n=1,1604	a=1,0011	b=0,0003		
16	k=0,0999	n=1,1690	a=0,0127	b=-0,9882		
17	k_1=0,0191	k_2=-0,0077				
18	k=0,0102	a=1,7580	a_0=2,7668			
19	k=0,1310	a=0,9952	b=0,0938	c=0,0049		
20	k=0,0009	n=0,9084	a=1,0380	c=-0,0246		
21	k=0,5999	n=1,2896	a=-78,6349	b=0,0018	g=79,6411	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

Çizelge 4.12. 5 W g^{-1} ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	5 W g^{-1}					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0099					
2	k=0,0900	n=1,0310				
3	k=0,1009	n=1,0405	a=1,0071			
4	k=0,0011	n=1,7723				
5	k=0,0012	a=1,0071				
6	k=0,0036	a=1,0095	c=-0,0034			
7	k_0=0,0799	k_1=5,9992	a=1,0375	b=-0,0375		
8	k=0,0589	a=1,3576				
9	a=-0,0699	b=0,0002				
10	k=0,0211	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0589	a=1,0375	g=5,3029			
12	k=0,9999	a=-0,2157	b=0,9676	c=0,2482	g=0,1002	h=0,4367
13	L=-0,5759	a=1,0071	c=0,0009			
14	k=0,0027	n=1,0310	L=0,5786			
15	k=0,0699	n=1,0441	a=1,0017	b=0,0002		
16	k=0,1401	n=1,0509	a=0,0087	b=-0,9928		
17	k_1=0,0030	k_2=-0,0015				
18	k=0,0007	a=10,4543	a_0=11,4918			
19	k=0,1368	a=0,9934	b=0,0330	c=0,0072		
20	k=0,0009	n=4,9912	a=1,0095	c=-0,0034		
21	k=0,9999	n=1,0003	a=0,9926	b=15,2275	g=0,0088	
Model	**5 W g^{-1} – 70°C**					
	Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0002					
2	k=0,0007	n=1,0151				
3	k=0,0021	n=3,1704	a=1,0049			
4	k=0,0054	n=2,5422				
5	k=0,0077	a=1,0049				
6	k=0,0051	a=1,0035	c=0,0021			
7	k_0=0,8999	k_1=7,0117	a=1,0240	b=-0,0240		
8	k=0,0006	a=1,2343				
9	a=-0,0933	b=0,0003				
10	k=0,0012	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,0797	a=1,0240	g=9,4510			
12	k=0,3999	a=-1 226,0062	b=1 226,2033	c=0,8031	g=0,3998	h=0,1263
13	L=1,1852	a=1,0049	c=0,0399			
14	k=0,0539	n=1,0151	L=1,0667			
15	k=0,5979	n=1,0337	a=1,0017	b=0,0003		
16	k=0,1599	n=1,0411	a=0,0107	b=-0,9908		
17	k_1=0,0099	k_2=-0,0004				
18	k=0,0042	a=32,0649	a_0=33,1816			
19	k=0,2968	a=0,9910	b=0,0319	c=0,0096		
20	k=0,0564	n=1,7659	a=1,0035	c=0,0021		
21	k=0,9875	n=1,0003	a=0,9906	b=17,2682	g=0,0107	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

Çizelge 4.13. 5 W g^{-1} – 100°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan Trabzon hurmasının modellenesinde kullanılan ince tabaka kurutma eşitliklerindeki kurutma sabit ve katsayıları

Model	5 W g^{-1} – 100°C Sabit ve Katsayılar					
1	k=0,0662					
2	k=0,0077	n=1,0130				
3	k=0,0006	n=3,3701	a=1,0055			
4	k=0,0001	n=1,9096				
5	k=0,1917	a=0,0007				
6	k=0,0061	a=1,0034	c=0,0033			
7	k_0=0,7999	k_1=0,1950	a=-0,0241	b=1,0263		
8	k=0,0099	a=1,1189				
9	a=-0,1293	b=0,0081				
10	k=0,0034	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,3683	a=1,0267	g=15,6278			
12	k=0,8999	a=-3184,8000	b=0,8815	c=3184,9186	g=0,1780	h=0,8998
13	L=0,8050	a=1,0055	c=0,0279			
14	k=2,1574	n=1,0130	L=0,7999			
15	k=0,0359	n=1,0315	a=1,0030	b=0,0005		
16	k=0,1831	n=1,0410	a=0,0121	b=0,5999		
17	k_1=7,2354	k_2=0,0099				
18	k=0,0109	a=104,1334	a_0=105,6706			
19	k=0,3736	a=0,9891	b=0,0420	c=0,0119		
20	k=1,5080	n=0,0004	a=1,0034	c=0,0033		
21	k=0,9988	n=1,0003	a=0,9900	b=25,2639	g=0,0124	
Model	**5 W g^{-1} – 130°C Sabit ve Katsayılar**					
1	k=0,2716					
2	k=0,2736	n=0,9951				
3	k=0,3448	n=0,7872	a=0,9994			
4	k=0,6184	n=0,4391				
5	k=0,2714	a=0,9994				
6	k=0,2720	a=0,9989	c=0,0007			
7	k_0=8,3360	k_1=0,2701	a=0,0059	b=0,9941		
8	k=0,2716	a=1,0000				
9	a=0,0009	b=0,0083				
10	k=0,2716	a=1,0000	b=1,0000			
11	k=0,2701	a=0,9941	g=8,3098			
12	k=0,9999	a=0,0080	b=0,4819	c=0,5100	g=0,2698	h=0,2698
13	L=2,5357	a=0,9994	c=1,7450			
14	k=0,8733	n=0,9951	L=1,7916			
15	k=0,2741	n=0,9933	a=1,0000	b=-4,9927		
16	k=0,5999	n=0,9925	a=-0,0010	b=-1,0009		
17	k_1=0,2727	k_2=0,0007				
18	k=0,2714	a=1866 627,96	a_0=1865500,23			
19	k=0,2674	a=1,0006	b=-0,0077	c=-0,0007		
20	k=0,6508	n=0,4179	a=0,9989	c=0,0007		
21	k=0,0087	n=-0,6397	a=1,0002	b=-0,2704	g=-0,0002	

a, a_0, *b*, *c*, *g*, *h*, katsayılar; *t*, kuruma süresi, dk; *n*, kurutma sabiti; *k*, k_0, k_1, k_2, özel kurutma sabiti, dk^{-1}; *L*, malzeme kalınlığı (mm).

4.2. Toplam Enerji Tüketimi ve Özgül Enerji Tüketimi

Trabzon hurmasının farklı kurutma yöntemlerle kurutulması esnasında harcanan toplam enerji tüketimi (*TET*) ve özgül enerji tüketimi (*ÖET*) Çizelge 4.1'te sunulmuştur. Buna göre, en yüksek toplam ve özgül enerji tüketiminin sırasıyla 1,063 kWh ve 12,94 kWh kg_{su}^{-1} değerleri ile çalışmada kullanılan en düşük mikrodalga güç yoğunluğu ve sıcaklık parametrelerinin birlikte kullanıldığı 3 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutmada olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, en düşük toplam ve özgül enerji tüketimi ise 5 W g^{-1} – 130°C'de ölçülmüş olup, 3 W g^{-1} - 70°C'de kaydedilen enerji tüketiminin 5 W g^{-1} – 130°C'de tespit edilen değerden 7,80 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Kombine kurutma yöntemlerinde hem konvektif hem de mikrodalga yönteminin birlikte kullanılmasından dolayı rezistans, fan ve magnetron birlikte çalışmakta ve enerji tüketimi artmaktadır ancak yüksek sıcaklık ve mikrodalga güç yoğunluklarında yapılan kombine kurutma işlemlerinde kurutma süresinin ciddi oranlarda azalmasına bağlı olarak enerji tüketimi önemli ölçüde azalmaktadır.

Herhangi bir enerji tüketiminin kaydedilmediği doğal kurutma yönteminin kurutma süresinin 108,50 saat gibi oldukça uzun bir sürede tamamlanması ve oda koşullarında karanlık ortamda yapılan kurutma işleminin mikro küflenmeye, böcek ve kemirgenlere karşı savunmasız oluşu gibi nedenlerin yanı sıra, oda koşullarının 25°C ve %60-65 nispi nem değerlerinde sabit tutulmasını sağlamak amacıyla çalıştırılan iklimlendirme cihazlarının enerji tüketimleri göz önüne alındığında, aslında bu yöntemin enerji tüketimi açısından elverişli olmadığı anlaşılmaktadır.

Bununla birlikte, konvektif kurutmanın toplam enerji ve özgül enerji tüketimi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmazken, mikrodalga kurutma yönteminin her iki değer üzerinde de %99 önem seviyesinde anlamlı bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Mikrodalga güç yoğunluklarındaki artış, toplam ve özgül enerji tüketiminin azalmasına neden olmuştur.

Çelen (2019) Trabzon hurmasını 120, 350, 460 ve 600 W mikrodalga çıkış güçlerinde kurutmuş ve mikrodalga çıkış gücü (mikrodalga güç yoğunluğu) arttıkça toplam enerji

ve özgül enerji tüketiminin azaldığını tespit etmiştir. Jia vd. (2019) Trabzon hurmasını konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve toplam enerji tüketiminin konvektif kurutma yöntemlerinde kurutma süresinin uzunluğuna bağlı olarak arttığını belirtmiştir. Motevali vd. (2011) nar tanelerini konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleri ile kurutmuş ve düşük sıcaklık ve düşük mikrodalga güç yoğunluklarında toplam ve özgül enerji ihtiyacının arttığını belirlemiştir. Bununla birlikte, çalışmada 70°C'de toplam ve özgül enerji tüketimi sırasıyla 4 kWh ve 100 kWh kg^{-1} olarak ölçülmüştür. Torki-Harchegani vd. (2018) nane bitkisini konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutarak kurutma esnasında harcanan özgül enerji tüketimini saptamıştır. Ayrıca, artan kurutma sıcaklığına bağlı olarak kurutma süresindeki azalmayla birlikte enerji tüketiminin de azaldığı kaydedilmiştir. Bununla birlikte, 70°C'de konvektif kurutma işleminin özgül enerji tüketimi 11,76 kWh kg_{su}^{-1} olarak hesaplanmış olup bu değerler tez çalışmasındaki bulgularla örtüşmektedir. Dehghannya vd. (2019) küp şeklindeki patates dilimlerini 360, 600 ve 900 W mikrodalga çıkış güçleri ile kurutmuş ve özgül enerji tüketiminin mikrodalga çıkış gücünün artmasıyla azaldığını vurgulamıştır. Tez çalışmasında olduğu gibi, Kumar vd. (2014) bütün haldeki bamyayı kombine mikrodalga ve konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ve yüksek sıcaklıkta özgül enerji tüketiminin azaldığını, buna karşın düşük mikrodalga güç yoğunluğu ve sıcaklıkta ise özgül enerji tüketiminin arttığını tespit etmiştir. Maftoonazad vd. (2022) soğan dilimlerini kombine konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutmuş olup toplam ve özgül enerji tüketiminin yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ve sıcaklıkların birlikte kullanıldığı kurutma denemelerinde minimum düzeyde ölçüldüğünü kaydetmiştir. Horuz vd. (2018) elma dilimlerini 0,18, 0,22 ve 0,29 W g^{-1} mikrodalga güç yoğunluğu ve 50, 60 ve 70°C konvektif kurutma sıcaklıklarını birlikte kullanarak kombine kurutma yöntemiyle kurutmuştur. Çalışmada, en yüksek enerji ve özgül enerji tüketimi, en düşük mikrodalga güç yoğunluğu ve en düşük sıcaklığın birlikte uygulandığı 0,18 W g^{-1} – 50°C'de kombine kurutma yönteminde ölçülürken, en düşük değerler ise maksimum sıcaklık ve mikrodalga gücünün birlikte kullanıldığı 0,29 W g^{-1} – 70°C'de elde edilmiştir.

4.3. Termal Özellikler

Dört farklı kurutma tekniğiyle kurutulmuş örneklerin zamana bağlı özgül ısıları Şekil 4.13 ile 4.16'arasında gösterilmiştir. En yüksek ortalama özgül ısı 2 743,00 J kg^{-1} K^{-1} ile doğal kurutma yönteminde belirlenirken, en düşük değerler ise en yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ile en yüksek sıcaklığın kombinasyonu ile gerçekleştirilen 5 W g^{-1} – 130°C kombine kurutmada 2 315,47 J kg^{-1} K^{-1} ile elde edilmiştir. Ayrıca, mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla ortalama özgül ısının azaldığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, sıcaklığın artmasıyla ortalama özgül ısının da arttığı görülmüştür.

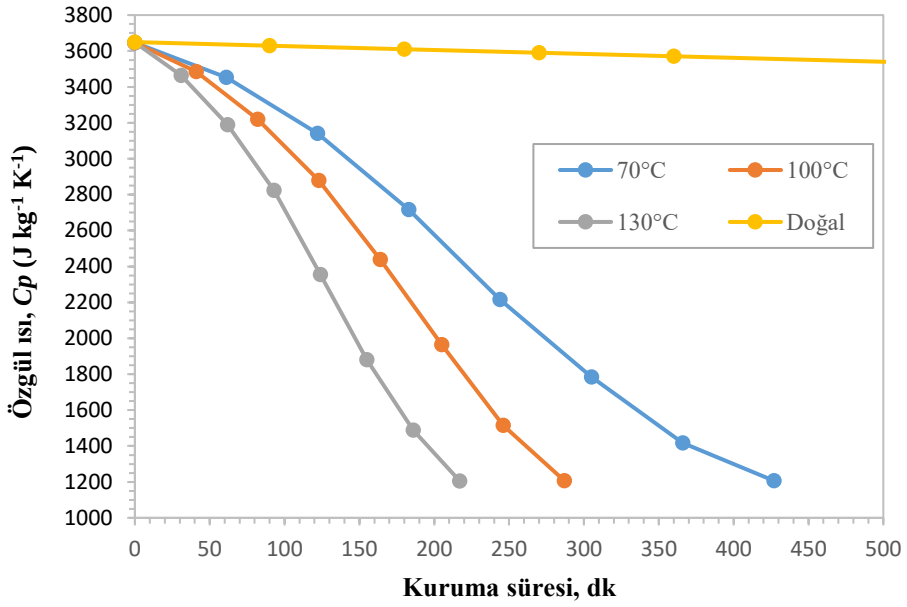
Zamana bağlı termal iletkenlik verileri doğal ve konvektif kurutma yöntemleri için Şekil 4.17, 3 W g^{-1} ve kombinasyonları için Şekil 4.18, 4 W g^{-1} ve kombinasyonları için Şekil 4.19 ve 5 W g^{-1} ve kombinasyonları için Şekil 4.20'de sunulmuştur. En yüksek ortalama termal iletkenlik 0,21 W m^{-1} K^{-1} ile doğal kurutmada elde edilmiş olup, bunu 130°C'de kurutma izlemiştir. Ayrıca, 70°C, 100°C, 3 W g^{-1}, 3 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} ve 4 W g^{-1} - 70°C'de ortalama termal iletkenlik 0,16 W m^{-1} K^{-1} olarak tespit edilmiştir. Diğer kurutma yöntemlerinin tümünde bu değer 0,15 W m^{-1} K^{-1} ile en düşük değerleri aldığı saptanmıştır.

Termal özelliklerin hesaplanmasında kullanılan yoğunluk verileri Şekil 4.21 ile 4.24 arasında verilmiştir. En yüksek ortalama yoğunluk doğal kurutma yönteminde tespit edilirken, en düşük yoğunluk ise 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yönteminde elde edilmiştir. Ayrıca, mikrodalga güç yoğunluğunun artması ile yoğunluk değerinde azalma meydana gelmiştir. Bununla birlikte, 4 W g^{-1}'in sıcaklıklarla birlikte kullanıldığı kombine kurutma denemelerinde sıcaklık artışı ile yoğunluğun arttığı, buna karşın 5 W g^{-1}'in kombinasyonlarında ise sıcaklık artışı ile yoğunluğun da arttığı saptanmıştır.

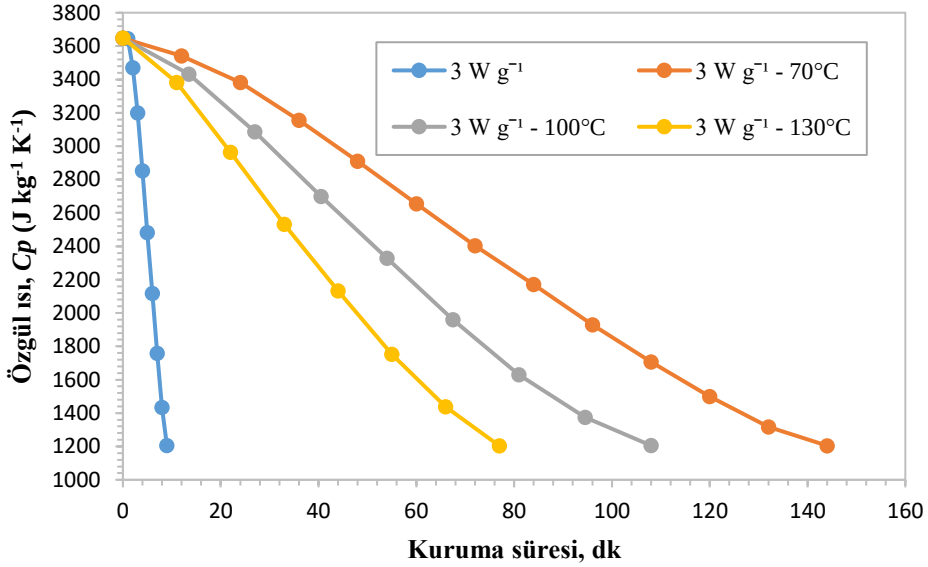
Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının termal difüziviteleri Şekil 4.25 ile 4.28 arasında ve termal efüziviteleri ise Şekil 4.29 ile 4.32 arasında verilmiştir. En yüksek ortalama termal difüzivite ve efüzivite değerleri sırasıyla 8,99 10^{-8} m^2 s^{-1} ve 664,24 W $s^{1/2}$ m^{-2} K^{-1} ile doğal kurutma yöntemine tespit edilirken, bunu sırasıyla 130 ve 70°C'de konvektif kurutma yöntemleri takip etmiştir. Ortalama termal difüzivite ve

efüzivite için en düşük değerler sırasıyla 5 W g^{-1} – 100°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'de kombine kurutma yöntemlerinde kaydedilmiştir. Mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla termal difüzivite ve efüzivite değerlerinin azaldığı kaydedilmiştir. Ayrıca, ortalama termal efüzivite konvektif kurutma sıcaklığını artmasıyla artış göstermiştir.

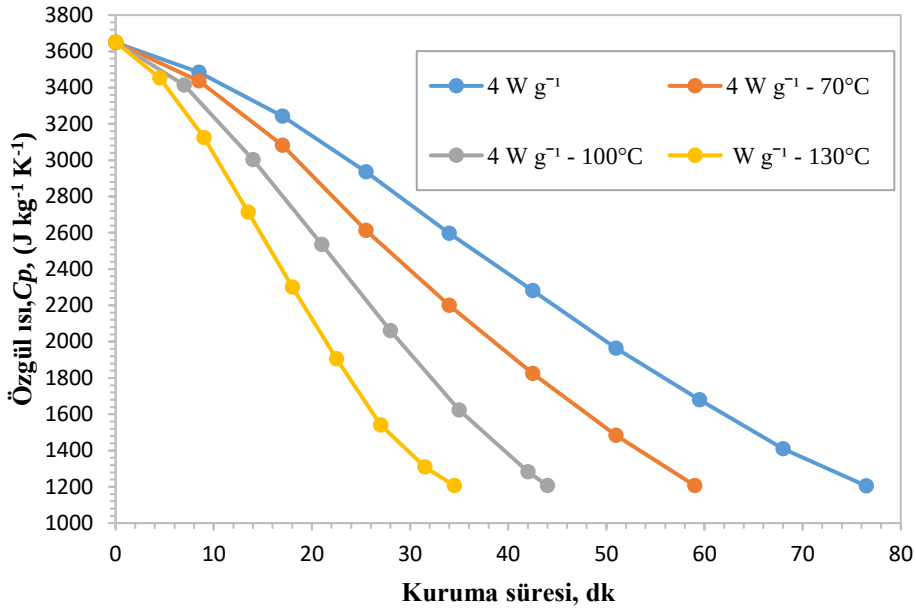
Gabas vd. (2005) bütün halde eriği kontrollü oda şartlarında ortalama 28°C sıcaklıkta doğal kurutma ile kurutmuş ve nem içeriğinin azalmasıyla termal iletkenlik, termal difüzivite ve özgül ısı değerlerinin de azaldığını vurgulamıştır. Ajala vd. (2014) gölevez bitkisini 70°C kurutarak un haline getirmiş ve ortalama termal iletkenlik, özgül ısı ve termal difüzivite değerlerini sırasıyla 0,268 W m^{-1} K^{-1}, 1,762 kJ kg^{-1} K^{-1} ve 3,11 x 10^{-4} m^2 s^{-1} olarak bulunmuştur. Alibas ve Yilmaz (2021) portakalı 75, 100 ve 125°C'de konvektif ve 3,5 ve 5,0 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve kurutma yöntemlerinin zamana bağlı termal özelliklerini belirlemiştir. Buna göre, zaman bağlı ortalama özgül ısı mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla azalmış, buna karşın termal difüzivite, termal efüzivite ve yoğunluk ise mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla artmıştır. Bununla birlikte, konvektif kurutma sıcaklığın artması ile özgül ısı artış göstermiştir. Ayrıca, 75 ve 100°C'de kurutulan ürünlerin termal iletkenliği ile 75 ve 125°C'de kurutulan örneklerin termal difüzivitesi bu tezde elde edilen bulgularla örtüşmektedir. Bunun yanı sıra, 100°C'de kurutulan numunelerin termal efüzivitesi ile söz konusu tezde elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Lemus-Mondaca vd. (2021) stevia yapraklarını 60 ve 80°C'de konvektif kurutma tekniği ile kurutmuş ve tezde elde edilen bulgulara benzer şekilde termal iletkenlik değerlerini sırasıyla 0,163 ve 0,160 W m^{-1} K^{-1} olarak hesaplamıştır. Yu vd. (2015) kanola tohumlarını 70 ve 90°C sıcaklıklarda kurutarak özgül ısı ve termal iletkenliği analiz etmiştir. Çalışmada, 70 ve 90°C'de kurutulan örneklerin özgül ısıları sırasıyla 2 680 ve 2 918 J kg^{-1} K^{-1} olarak bulunurken, termal iletkenlik ise sırasıyla 0,21 ve 0,22 W m^{-1} K^{-1} olarak hesaplanmıştır. Esmaiili vd. (2007) 70°C'de kurutulan üzüm örneklerinde termal difüzivite değerinin 5,21 x 10^{-8} m^2 s^{-1} olduğunu tespit etmiştir. Olaoye vd. (2018) 70°C'de kurutan zencefil örneklerinin ortalama özgül ısı ve termal difüzivite değerlerini sırasıyla 1 890 J kg^{-1} K^{-1} ve 4,06 x 10^{-8} m^2 s^{-1} olarak belirlemiştir.



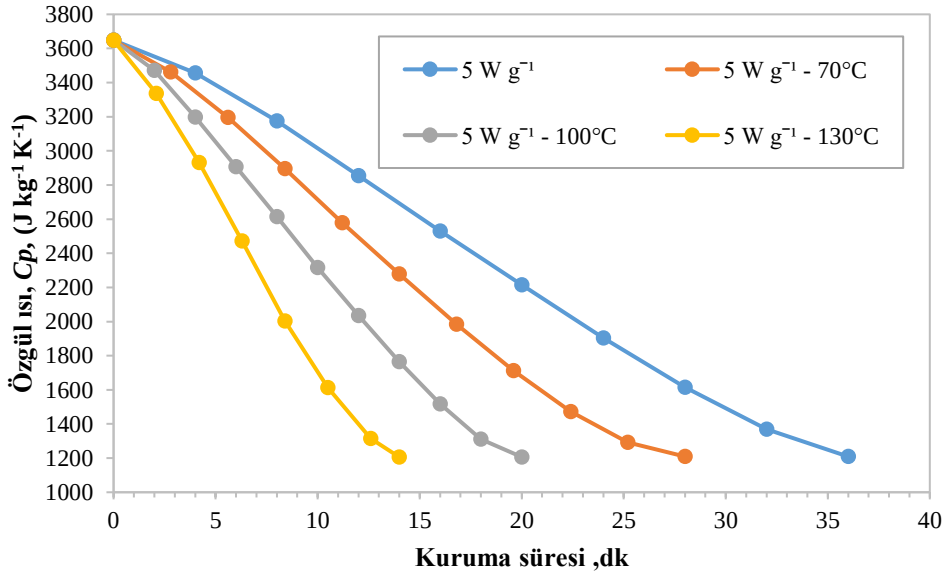
Şekil 4.13. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının özgül ısı verileri



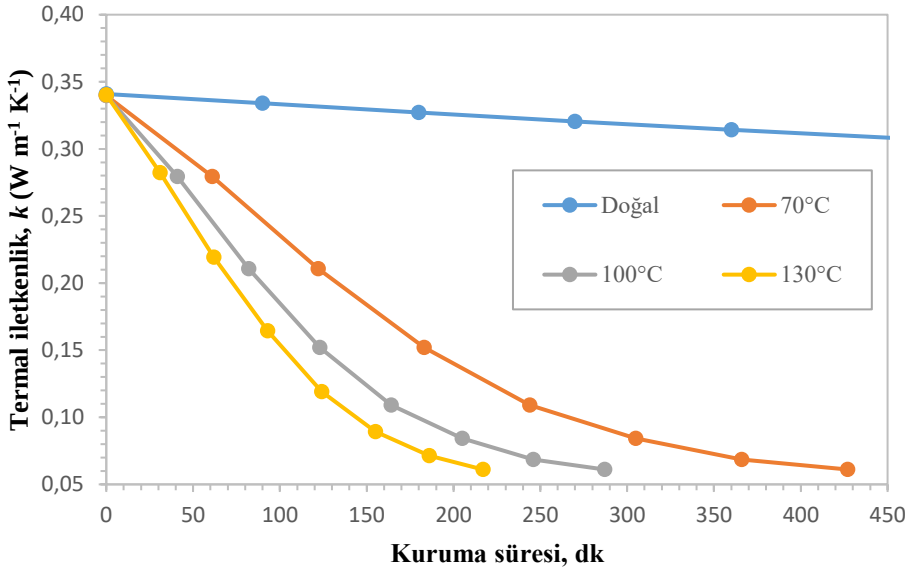
Şekil 4.14. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin özgül ısı verileri



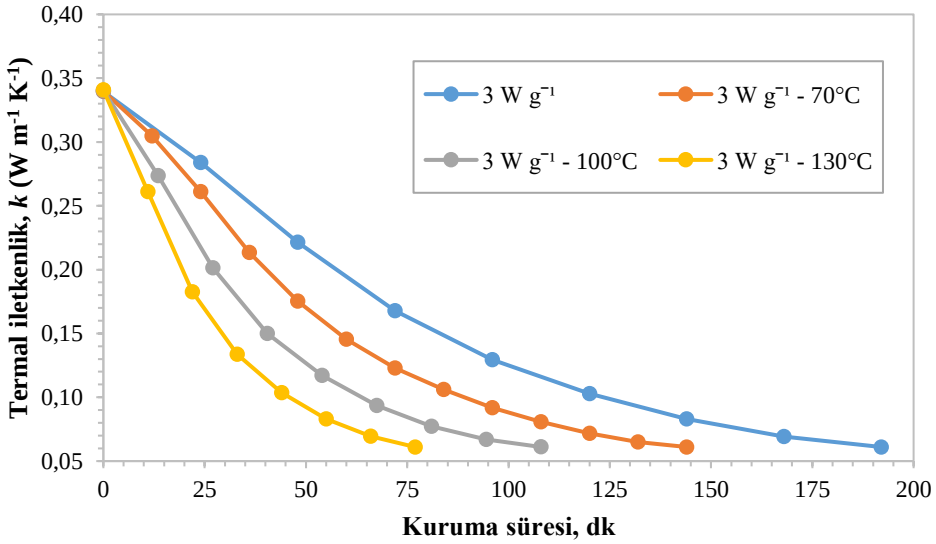
Şekil 4.15. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin özgül ısı verileri



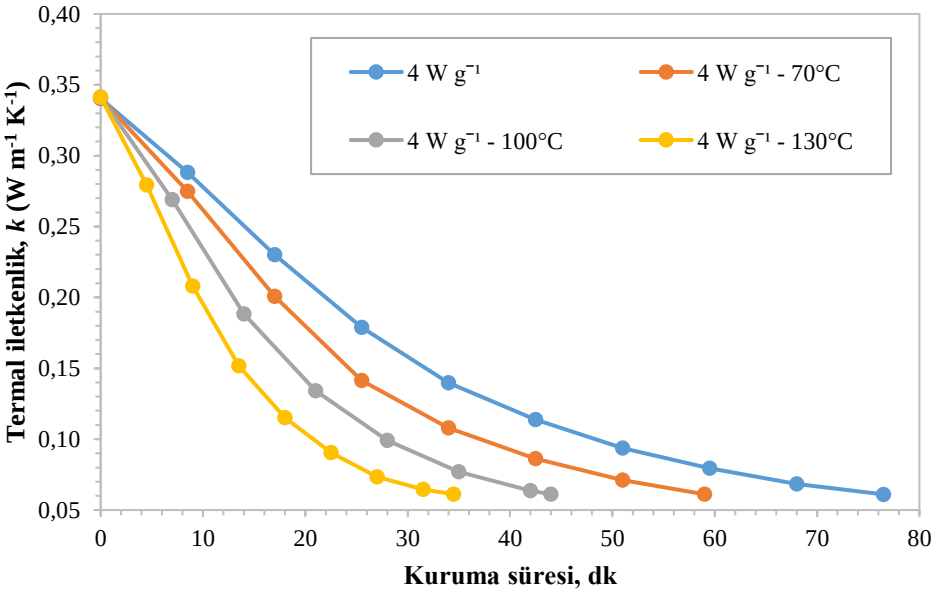
Şekil 4.16. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin özgül ısı verileri



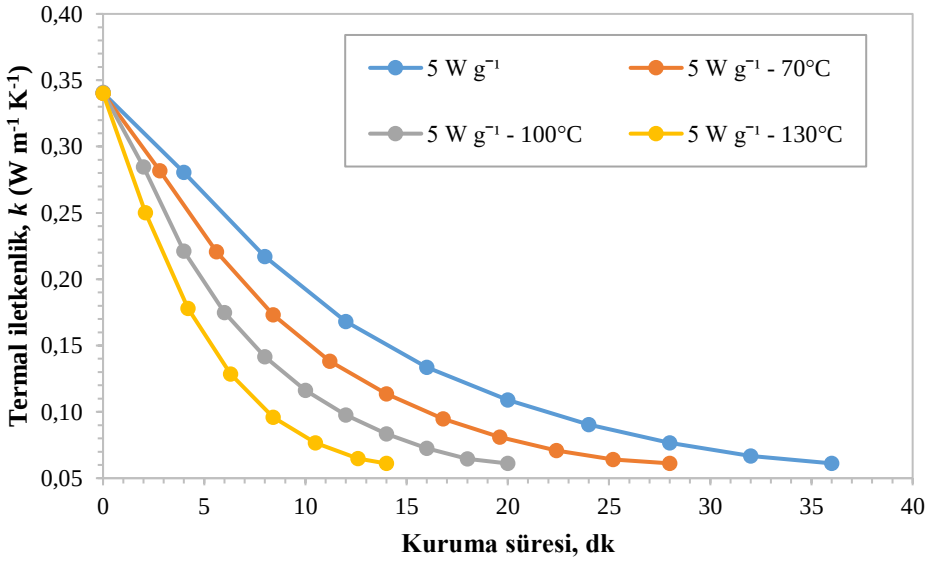
Şekil 4.17. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının termal iletkenlik verileri



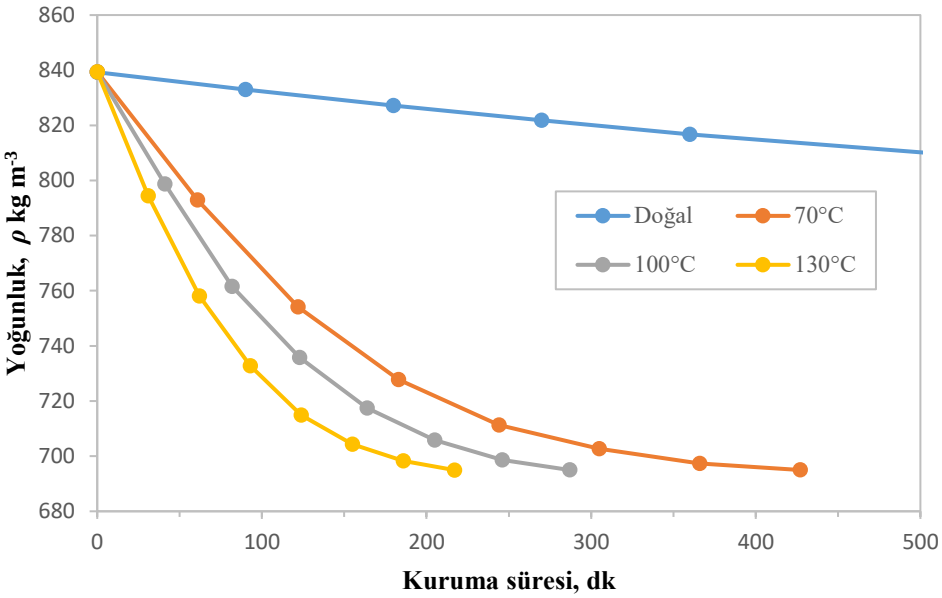
Şekil 4.18. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal iletkenlik verileri



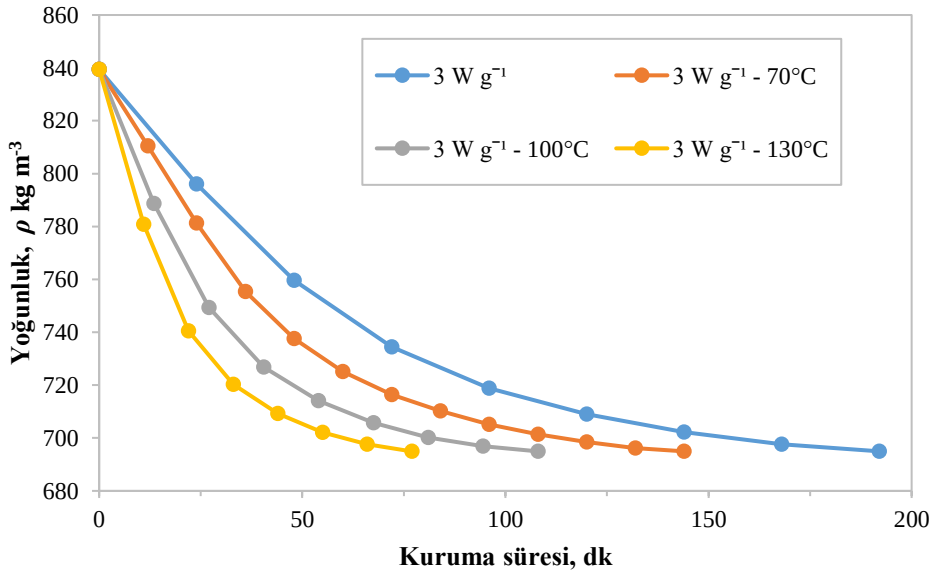
Şekil 4.19. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal iletkenlik verileri



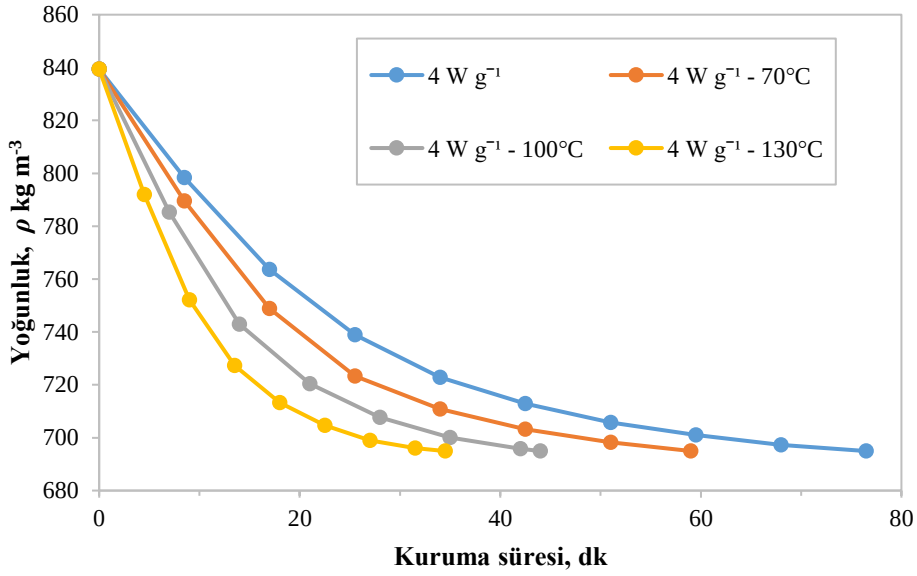
Şekil 4.20. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal iletkenlik verileri



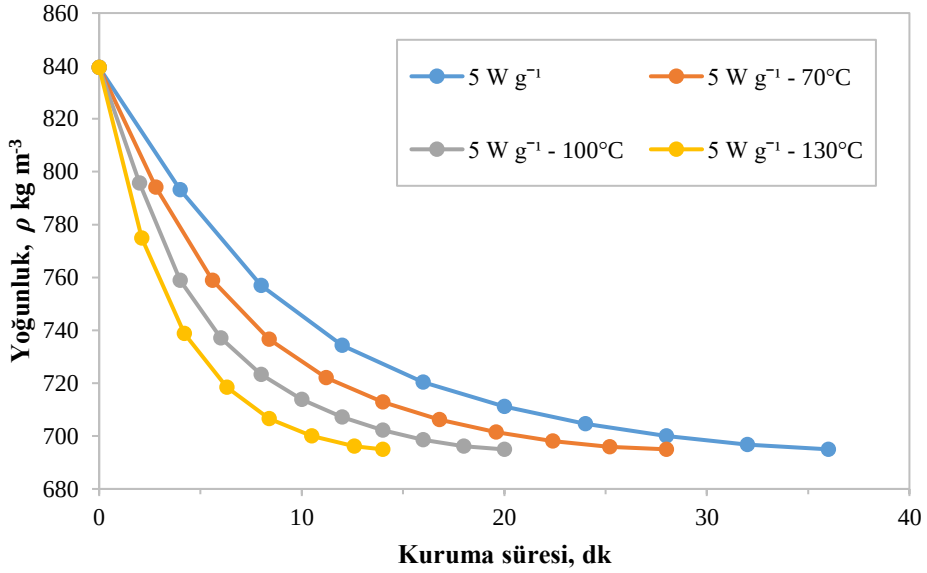
Şekil 4.21. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının yoğunlukları



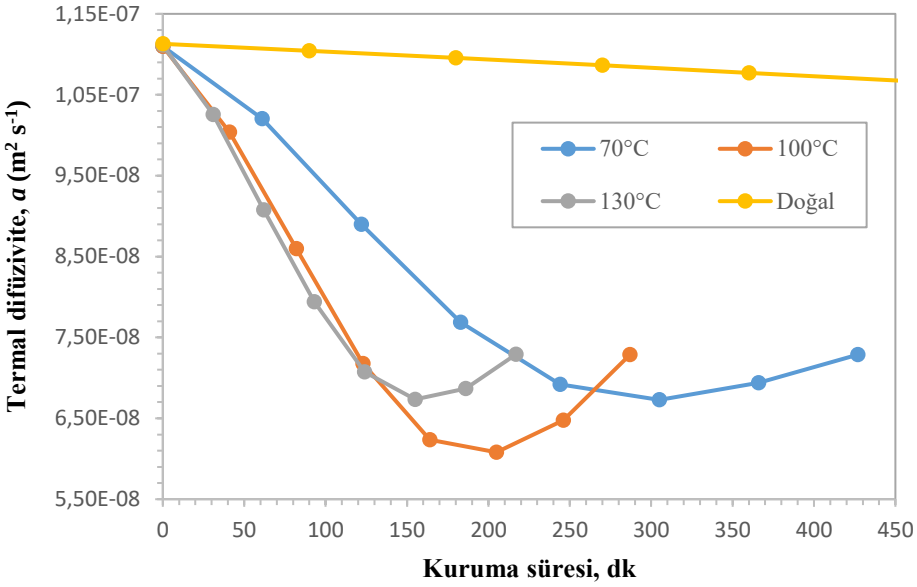
Şekil 4.22. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin yoğunlukları



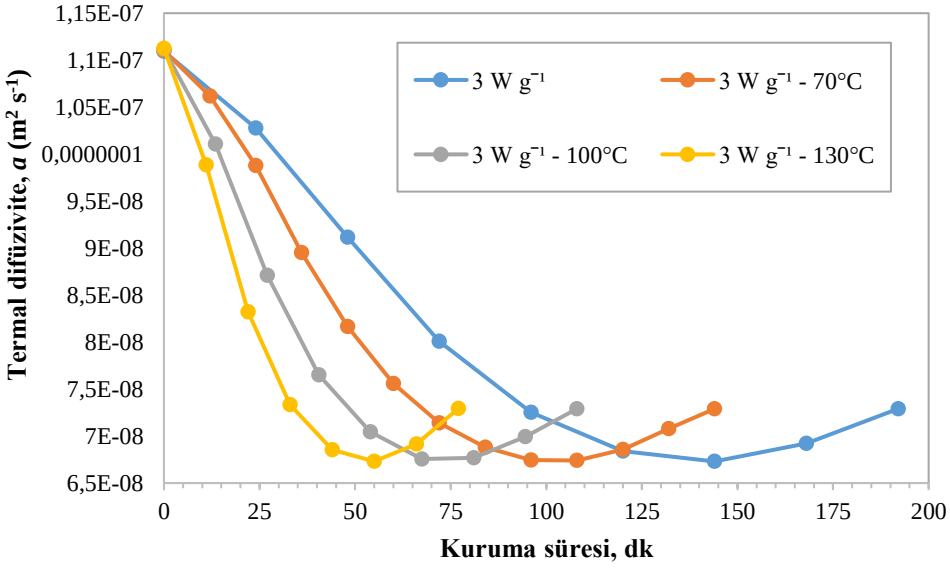
Şekil 4.23. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin yoğunlukları



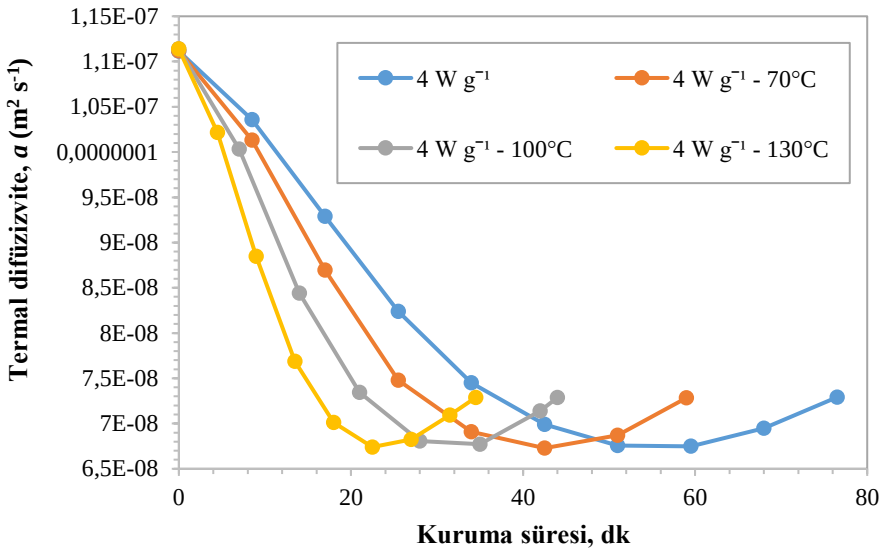
Şekil 4.24. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin yoğunlukları



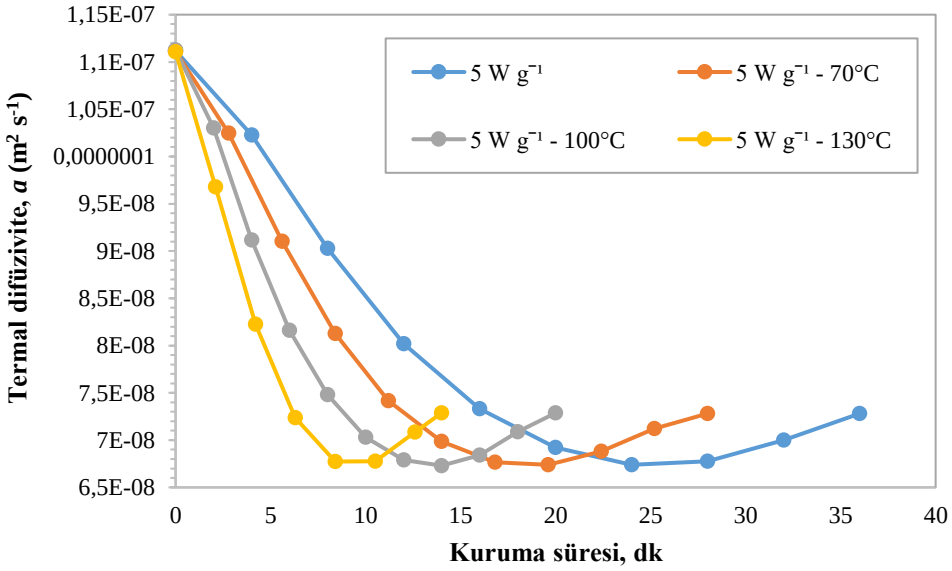
Şekil 4.25. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının termal difüzivite verileri



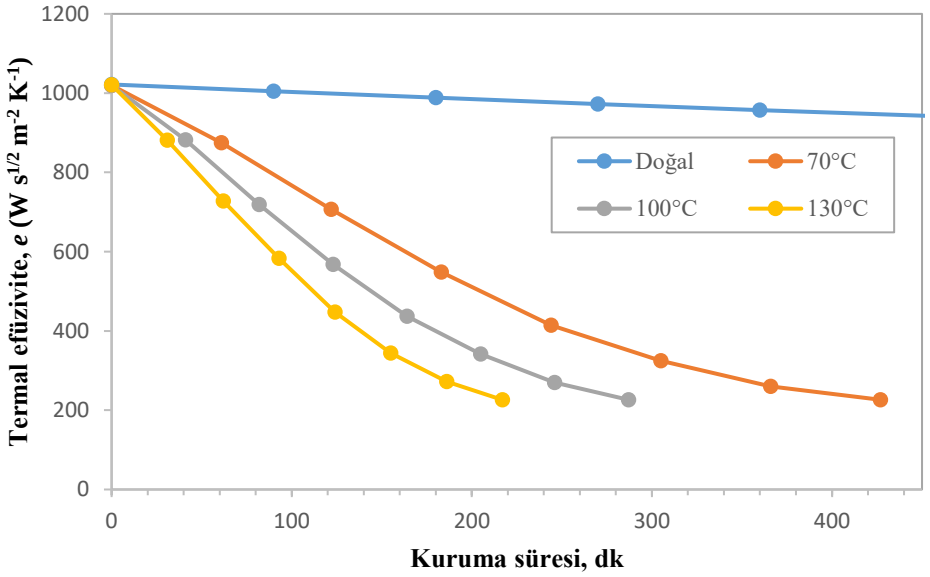
Şekil 4.26. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal difüzivite verileri



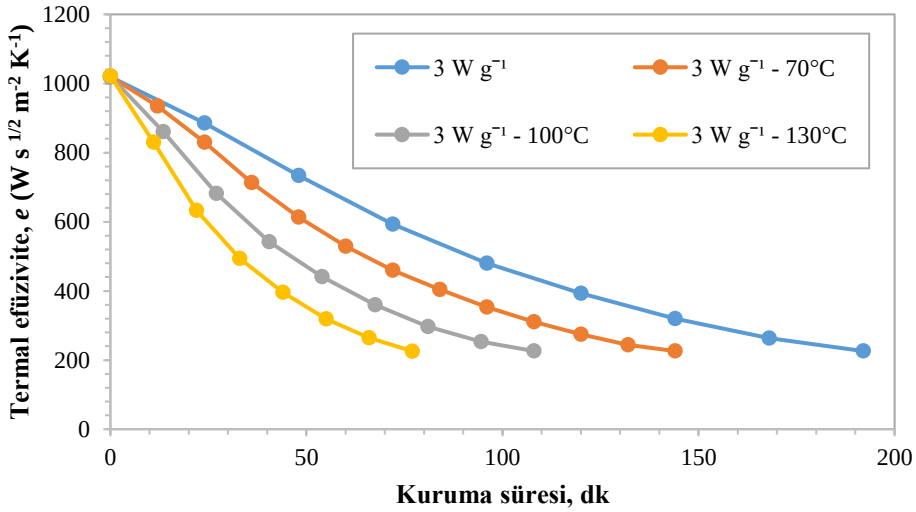
Şekil 4.27. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal difüzivite verileri



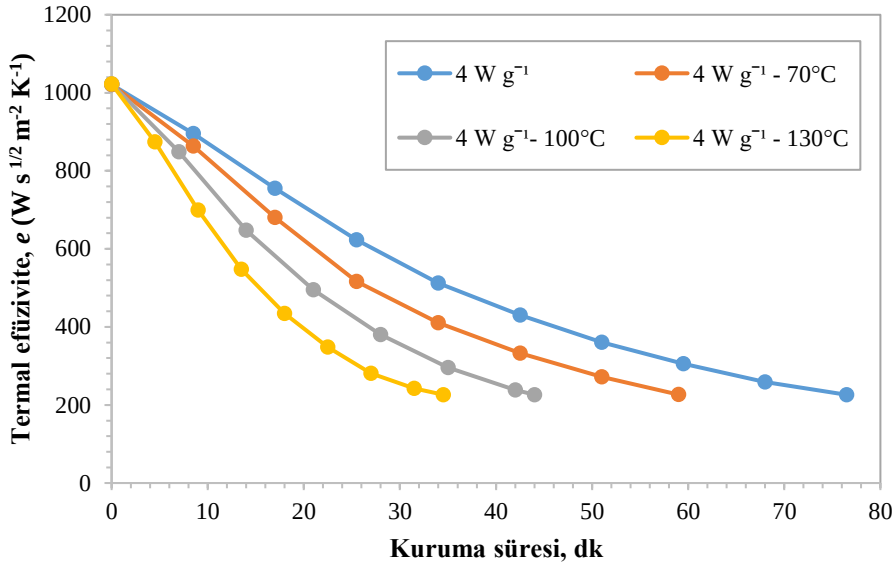
Şekil 4.28. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal difüzivite verileri



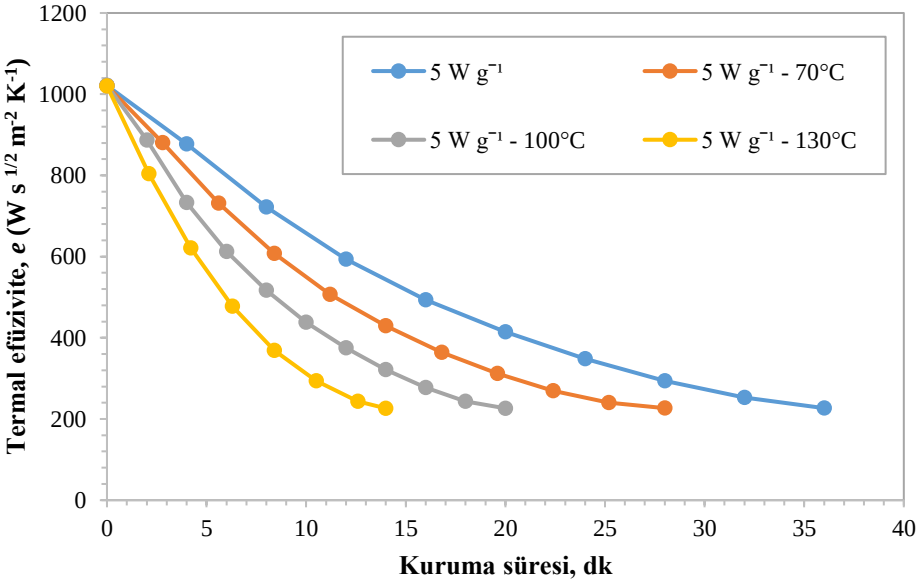
Şekil 4.29. Doğal, 70, 100 ve 130°C konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının termal efüzivite verileri



Şekil 4.30. 3 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 3 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal efüzivite verileri



Şekil 4.31. 4 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 4 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal efüzivite verileri



Şekil 4.32. 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma ve 5 W g^{-1} mikrodalga kurutmanın 70, 100 ve 130°C sıcaklıklar kullanılarak kombine kurutma yöntemiyle kurutulan Trabzon hurması meyvesinin termal efüzivite verileri

4.4. Renk Parametreleri, Toplam Renk Değişimi, Esmerleşme ve Beyazlaşma İndeksi

4.4.1. Renk parametreleri

Taze ve dört farklı yöntemlerle kurutmuş olan Trabzon hurmasının parlaklık/koyuluk ($L°$), kırmızılık/mavilik ($a°$), sarılık/yeşillik ($b°$), kroma (C), renk açısı ($a°$), toplam renk değişimi (ΔE), esmerleşme indeksi ($E\dot{I}$) ve beyazlaşma indeksi ($B\dot{I}$) verileri Çizelge 4.14'te sunulmuştur. Taze ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerine ilişkin görseller ise Şekil 4. 33'te gösterilmiştir. Buna göre, taze ürüne en yakın parlaklık ($L°$), 5 W g^{-1} ve 4 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan örneklerde ölçülmüştür. Buna karşın, doğal kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerde parlaklığın önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Mikrodalga kurutma yönteminin parlaklık üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmazken, konvektif kurutma yönteminin parlaklık üzerinde %99 önem seviyesinde anlamlı bir etkisinin olduğu saptanmıştır.

Taze ürüne en yakın kırmızılık ($a°$) değerinin 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde okunduğu, buna karşın en düşük kırmızılık değenin ise doğal kurutma yöntemiyle kurutulan numunelerde ölçüldüğü görülmüştür. Hem konvektif hem de mikrodalga kurutma yönteminin, kırmızılık değeri üzerinde %99 önem seviyesinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Taze Trabzon hurması dilimlerine en yakın sarılık ($b°$), 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulmuş örneklerde saptanmış olup, bunu sırasıyla 5 W g^{-1} ve 70°C izlemiştir. Sarılık değerinde kaydedilen en düşük değerler ise 130°C, 3 W g^{-1} – 130°C, 4 W g^{-1} - 130°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'da kurutulan numunelerde gözlemlenmiş olup, buradan yola çıkılarak, yüksek sıcaklığın sarılık üzerinde olumsuz etkisinin olduğu varsayılmıştır. Mikrodalga kurutma yöntemin sarılık üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmamasına karşın, konvektif kurutma yönteminin sarılık üzerinde %99 önem seviyesinde bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Taze Trabzon hurması dilimlerinin ardından en yüksek kromanın (C) 5 W g^{-1} – 70°C kombine kurutma yönteminde ölçüldüğü, bunu 5 W g^{-1}, 70°C ve 3 W g^{-1} – 70°C kurutma yöntemlerinin izlediği tespit edilmiştir. Kroma bakımından en düşük değerler 3 W g^{-1} – 130°C'da kurutulan örneklerde ölçülmüş olup, bu değerin taze örneklerde ölçülen kroma değerinden %62,48 daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca, konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin, kroma üzerinde sırasıyla %99 ve %95 önem düzeyinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür.

En yüksek renk açısı ($\alpha°$) doğal kurutma yöntemiyle kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerinde kaydedilirken, en düşük değer ise 130°C'da kurutulan örneklerde ölçülmüştür. Konvektif kurutma yönteminin renk açısı üzerinde %99 önem düzeyinde anlamlı bir etkisi kaydedilmiştir. Ayrıca, konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla renk açısının azaldığı görülmüştür. Buna karşın, mikrodalga kurutma yönteminin renk açısı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi saptanmamıştır.

Genel olarak tüm renk parametreleri incelendiğinde, taze ürüne en yakın sonuçlar, 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde elde edilmiştir. Doğal kurutma yönteminde, uzun kurutma süresi nedeniyle ürünlerin oksijenle temas süresi artmış olup, bu durum oksidasyon artışına, dolayısıyla da renge kararması başta olmak üzere pek çok renk kaybına neden olmuştur. Benzer şekilde, Alibas vd. (2021) oksidasyon artışı ile birlikte ürünün parlaklık ve kırmızılık değerlerinde düşüşler meydana geldiğini bildirmiştir. Diğer taraftan, Şekil 4.33'te de görüldüğü üzere 130°C ve 130°C'nin mikrodalga güç yoğunlukları ile kombine edildiği kurutma yöntemlerinde meydana gelen yanıklar nedeniyle hemen hemen tüm renk parametrelerinde ciddi düşüşler kaydedilmiştir. Buradan yola çıkılarak, yüksek sıcaklığın renk pigmentleri üzerinde olumsuz etkisi olduğu varsayılmıştır.

Akyıldız vd. (2004) dilimlenmiş Trabzon hurmasını 60, 75 ve 90°C sıcaklıklarda kurutmuş ve denemelerde kullanılan en yüksek sıcaklık olan 90°C'de parlaklık ve renk açısında önemli düşüşler olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kırmızılık dışında, 75°C'de yapılan kurutma denemelerinde ölçülen renk parametreleri tezde elde edilen bulgularla paralellik göstermiştir. Ayrıca, sıcaklığın artmasıyla renk değerlerinde

azalma kaydedilmiştir. Bölek ve Obuz (2014) dilimlenmiş Trabzon hurmasını 50, 65 ve 80°C sıcaklıkta konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve $L°$, $a°$ ve $b°$ değerlerindeki değişimi incelemiştir. Parlaklık değeri açısından buldukları sonuçlar 65°C'de tezde elde edilen sonuçlardan %22 daha fazla iken, 80°C'de bulunan sonuçlar tez çalışmasıyla paralellik göstermektedir. Bununla birlikte, 65 ve 80°C'de yapılan kurutma denemelerinde kaydedilen kırmızılık değerlerinin tezde 70°C'de elde edilen ilgili sonuçlardan sırasıyla %78 ve %58,22 oranında daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 65 ve 80°C için hesaplanan sarılık verilerinin ise bu tez kapsamında 70°C'de elde edilen verilerden sırasıyla %36,21 ve %13,51 daha yüksek olduğu saptanmıştır. Kaya vd. (2015) yaptıkları çalışmada, dilimlenmiş Trabzon hurmasını 60°C konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve kurutulan örneklerde $L°$, $a°$ ve $b°$ değerlerinin değişimini incelemiştir. İlgili çalışmada kaydedilen parlaklık değerinin bu tez kapsamında 70°C'de elde edilen sonuçlarla paralel olduğu saptanırken, kırmızılık ve sarılık değerlerinin sırasıyla 3,18 ve 2,16 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Lim vd. (2022) dilimlenmiş Trabzon hurmasını konvektif kurutma yöntemini kullanarak 30, 60 ve 90°C'de kurutmuş ve kurutulan örneklerde $L°$, $a°$ ve $b°$ renk parametrelerini araştırmıştır. Çalışmada, 60°C'de ölçülen $L°$ değerinin tez çalışmasında 70°C'de elde edien bulgudan 1,36 kat yüksek olduğu, buna karaşın 90°C'de kaydedilen $L°$ değerinin ise bu tez çalışmasında 100°C'de ölçülen değerden 1,28 kat düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca, 60 ve 90°C'de ölçülen $a°$ verileri bu tez kapsamında 70 ve 100°C'de kaydedilen bulgulardan sırasıyla 5,70 ve 1,42 kat daha düşük olmasına karşın, $b°$ değerleri tez çalışmasıyla paralellik arz etmektedir. Diğer taraftan, konvektif kurutmada uygulanan sıcaklığın artmasıyla renk parametrelerinde önemli düşüşler kaydedilmiştir. Senadeera vd. (2020) dilimlenmiş Trabzon hurmasını konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve taze ürüne en yakın renk açısını 65°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde ölçmüştür.

4.4.2. Toplam renk değişimi, esmerleşme ve beyazlaşma indeksi

Trabzon hurması dilimlerinin kurutma yöntemlerine bağlı olarak toplam renk değişimlerinin verildiği Çizelge 4.14'e göre, minimum renk değişimi, 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma tekniği ile kurutulan örneklerde kaydedilirken, doğal kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerdeki renk değişiminin maksimum seviyede

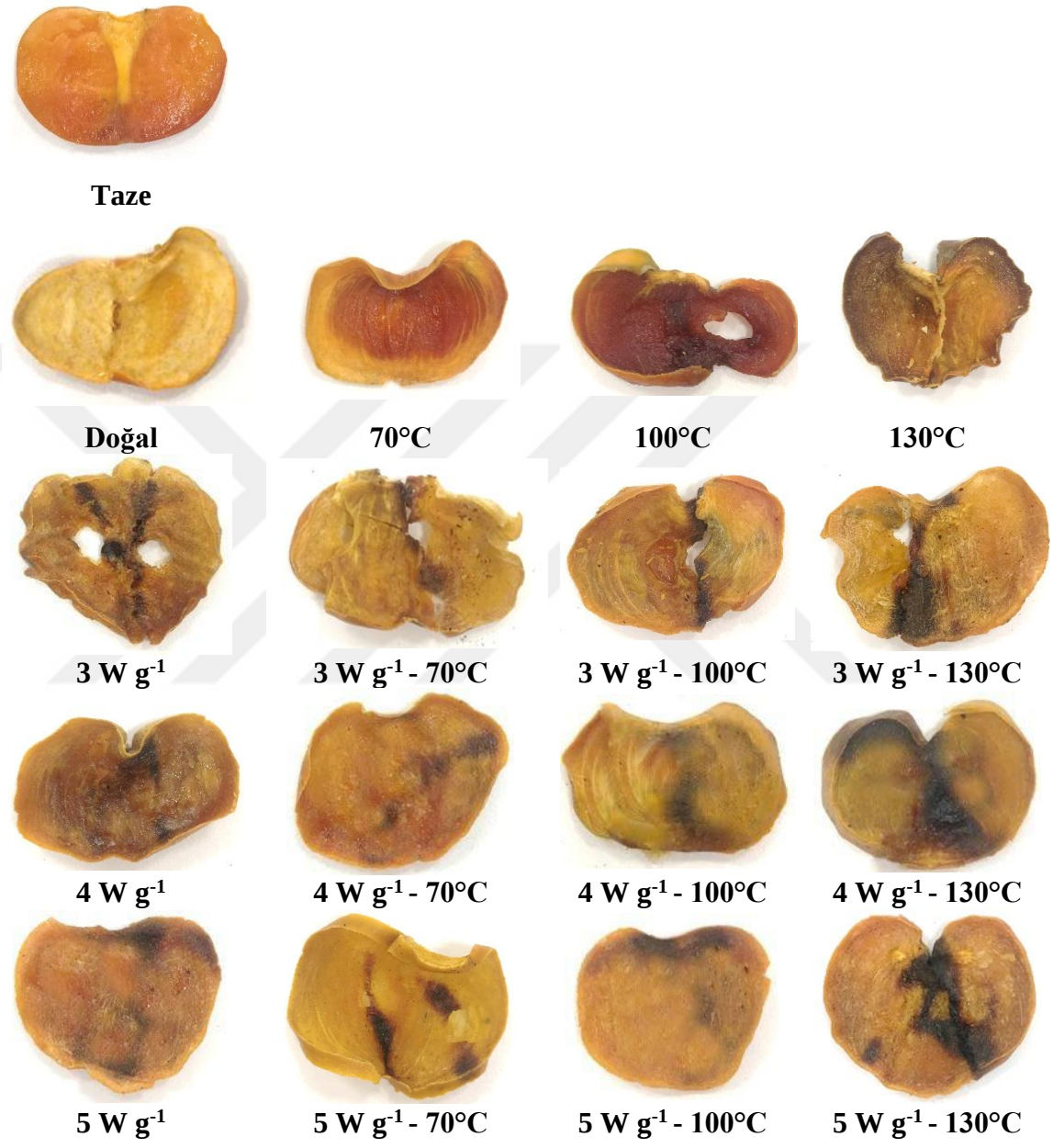
olduğu görülmüştür. Ayrıca, konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla toplam renk değişiminin de arttığı saptanmıştır. Buna karşılık, mikrodalga kurutma yönteminde ise mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla, toplam renk değişiminin azaldığı tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık ve düşük mikrodalga güç yoğunluğunun uygulandığı kombine kurutma denemelerinde toplam renk değişiminin arttığı görülmüştür. Diğer taraftan, 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan örneklerde kaydedilen toplam renk değişiminin, 130°C'den %83,39 daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çelen (2019) dilimlenmiş Trabzon hurmasını 350 ve 460 W'ta kurutmuş ve kurutulan örneklerdeki renk parametrelerini incelemiştir. Çalışmada 460 W'ta kurutulan örneklerdeki toplam renk değişimi, bu tez kapsamında 500 W'ta elde edilen ilgili bulgu ile paralellik göstermektedir. Diğer taraftan, 350 W'ta kurutulan örneklerdeki toplam renk değişiminin ise bu tez kapsamında 300 W'da elde edilen sonuçtan %52,09 daha yüksek olduğu görülmüştür. Khaled vd. (2020) Trabzon hurmasını 70°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve toplam renk değişimi için aynı sıcaklıkta bu tezde elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde etmiştir. Lim vd. (2022) dilimlenmiş Trabzon hurmasını 60°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve toplam renk değişimi açısından bu tezde 70°C'de elde edilen bulgulara benzer sonuçlara ulaşmıştır. Horuz ve Maskan (2015) nar tanelerinin kurutulduğu bir çalışmada, mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla toplam renk değişiminin azaldığını vurgulamıştır. Konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle bamyanın kurutulduğu bir çalışmada Kumar vd. (2014), en düşük toplam renk değişiminin, en yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ve en düşük sıcaklığın birlikte kullanıldığı kombine kurutmada elde edildiğini belirtmiştir.

Kurutma sırasında üründe meydana gelen kararmayı ifade etmede kullanılan esmerleşme indeksi açısından en yüksek sonuçlar sırasıyla 5 W g^{-1} – 70°C, doğal kurutma ve 70°C'de kurutulan örneklerde kaydedilmiştir. Taze ürüne en yakın esmerleşme indeksi ise 5 W g^{-1} ve 3 W g^{-1} – 100°C'de kurutulan numunelerde ölçülmüştür. Buna göre, esmerleşme indeksinin en yüksek olduğu 5 W g^{-1} – 70°C, doğal ve 70°C kurutma denemelerinde esmerleşme indeksinin arttığı, bir başka deyişle ürünün renginin koyulaştığı; buna karşın diğer kurutma uygulamalarında ise örneklerin esmerleşme indeksinin düştüğü, yani ürün renginde açılma meydana geldiği tespit edilmiştir. En düşük esmerleşme indeksi verileri ise 5 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan

ürünlerde kaydedilmiş olup, bu değerin taze örneklerden 1,23 kat daha düşük olduğu saptanmıştır. Diğer yandan, en yüksek esmerleşme indeksinin görüldüğü 5 W g^{-1} – 70°C'de taze üründen 1,15 kat daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, esmerleşme indeksinin mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla arttığı, buna karşın konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla azaldığı tespit edilmiştir. Hem konvektif hem de mikrodalga kurutma yönteminin, esmerleşme indeksi üzerinde %99 önem düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Alibaş vd. (2021) armut dilimlerini doğal ve konvektif kurutma yöntemlerini kullanarak kurutmuş ve en yüksek esmerleşme indeksini doğal kurutma yönteminde belirlemiştir. Ispanak yapraklarının 1,8, 3,6, 5,4, 7,2 ve 9,0 W g^{-1} mikrodalga güç yoğunluklarıyla kurutulduğu bir çalışmada Dadali vd. (2007), esmerleşme indeksinin mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla arttığını tespit etmiştir.

Taze ürüne en yakın beyazlaşma indeksi doğal kurutma ve 70°C'de konvektif kurutma yönteminde elde edilmiş olup, 5 W g^{-1} – 70°C dışındaki tüm kurutma yöntemlerinde, beyazlaşma indeksinin arttığı, başka bir deyişle üründe kararma meydana geldiği görülmüştür. Buna göre, 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan örneklerde taze ürünün beyazlaşma indeksinden daha düşük değerler elde edilmiş olup bu durum ilgili kombine kurutma seviyesi ile kurutulan örneklerde kararma meydana gelmediğini ortaya koymaktadır. En yüksek beyazlaşma indeksi ise 5 W g^{-1} – 130°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de kaydedilmiş olup, bu durum ilgili kombine kurutma yöntemiyle kurutulan numunelerde kararma meydana geldiğini göstermektedir. Diğer taraftan, 5 W g^{-1} – 130°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'da kurutulan Trabzon hurması dilimlerinin beyazlaşma indeksinin, tazeden sırasıyla %21,95 ve %21,01 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, beyazlaşma indeksinin, konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla arttığı saptanmıştır. Bununla birlikte, konvektif kurutma yönteminin beyazlaşma indeksi üzerinde %99 önem düzeyinde anlamlı bir ilişkisinin olduğu tespit edilirken, mikrodalga kurutma yönteminin beyazlaşma indeksi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Zia ve Alibas (2021b) yaban mersinini mikrodalga kurutma yöntemini kullanarak kurutmuş ve beyazlaşma indeksinin mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla azaldığını tespit etmiştir. Nahimana vd. (2011) havuç dilimlerini konvektif kurutma yöntemini kullanarak kurutmuş ve beyazlaşma indeksinin

kurutma sıcaklığının artmasıyla arttığını belirtmiştir. Tezde elde edilen bulgunun tersine, Alibas ve Yilmaz (2021) kurutma sıcaklığının artmasıyla beyazlaşma indeksinin de arttığını vurgulamıştır.



Şekil 4.33. Taze ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş Trabzon hurması dilimleri

Çizelge 4.14. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin renk parametreleri, toplam renk değişimi, esmerleşme ve beyazlaşma indeksi

	L°	*a°*	*b°*	*C*	*α°*	*ΔE*	*Eİ*	*Bİ*
KKE	**	**	**	**	**	**	**	**
70°C	53,36 ± 0 69^{a}	27,34 ± 0,51^{a}	43,97 ± 0,84^{a}	51,84 ± 0,83^{a}	58,07 ± 0,56^{a}	16,52 ± 0,96^{a}	182,45 ± 6,36^{c}	30,18 ± 0,81^{a}
100°C	50,47 ± 0,77^{b}	25,26 ± 0,47^{b}	38,34 ± 0,84^{b}	46,00 ± 0,77^{b}	56,50 ± 0,72^{ab}	22,46 ± 1,09^{b}	162,84 ± 4,71^{b}	32,28 ± 0,66^{b}
130°C	47,90 ± 0,72^{c}	23,02 ± 0,51^{c}	33,11 ± 0,57^{c}	40,38 ± 0,62^{c}	55,19 ± 0,64^{b}	27,90 ± 1,08^{c}	142,95 ± 2,98^{a}	33,97 ± 0,49^{b}
MGE	öd	**	öd	*	öd	öd	öd	öd
3 W g^{-1}	50,60 ± 0,92	24,53 ± 0,54^{b}	38,07 ± 1,09	45,33 ± 1,14^{b}	57,06 ± 0,53	22,61 ± 1,39	158,23 ± 3,71	32,62 ± 0,45
4 W g^{-1}	51,65 ± 0,65	24,04 ± 0,43^{b}	38,59 ± 0,75	45,50 ± 0,79^{b}	58,02 ± 0,47	21,70 ± 1,12	156,09 ± 3,74	33,48 ± 0,50
5 W g^{-1}	52,19 ± 0,74	26,91 ± 0,55^{a}	40,64 ± 1,25	48,84 ± 1,21^{a}	56,24 ± 0,78	19,55 ± 1,19	171,00 ± 7,78	31,48 ± 0,97
KY	**	**	**	**	**	**	**	**
Taze	64,87 ± 1,78^{a}	33,42 ± 0,68^{a}	52,17 ± 1,01^{a}	61,97 ± 1,02^{a}	57,34 ± 0,62^{bcd}	0,00 ± 0,00^{a}	175,02 ± 6,17^{abc}	28,65 ± 1,01^{ab}
Doğal	41,27 ± 0,26^{h}	18,52 ± 0,20^{g}	37,00 ± 0,74^{fghi}	41,39 ± 0,63^{fg}	63,37 ± 0,60^{a}	31,95 ± 1,79^{h}	199,15 ± 5,07^{ab}	28,14 ± 0,30^{ab}
70°C	51,25 ± 1,38^{bcd}	28,48 ± 1,12^{bc}	44,05 ± 1,38^{b}	52,52 ± 1,36^{c}	57,10 ± 1,24^{abc}	17,20 ± 2,21^{bc}	193,80 ± 6,72^{abc}	28,25 ± 1,06^{ab}
100°C	47,62 ± 1,40^{fg}	25,50 ± 0,91^{cde}	36,33 ± 1,63^{ghi}	44,42 ± 1,70^{efg}	54,86 ± 0,98^{def}	25,15 ± 3,25^{efg}	164,04 ± 5,47^{abcd}	31,16 ± 0,70^{bcd}
130°C	47,33 ± 1,55^{efg}	24,30 ± 0,80^{cde}	32,50 ± 1,59^{hi}	40,59 ± 1,72^{fg}	53,11 ± 0,61^{f}	28,26 ± 2,86^{fgh}	143,14 ± 4,52^{dc}	33,32 ± 0,62^{cde}
3 W g^{-1}	51,00 ± 0,90^{bcde}	24,77 ± 0,68^{cde}	37,57 ± 1,04^{efghi}	45,04 ± 0,88^{defg}	56,56 ± 1,13^{bcdef}	22,48 ± 1,49^{de}	155,00 ± 7,29^{cd}	33,42 ± 0,93^{ced}
4 W g^{-1}	52,35 ± 0,81^{bcd}	25,20 ± 0,37^{cde}	39,30 ± 0,59^{cdefg}	46,70 ± 0,53^{cde}	57,32 ± 0,56^{bcd}	19,96 ± 1,64^{cd}	157,61 ± 3,63^{bcd}	33,26 ± 0,52^{ced}
5 W g^{-1}	53,69 ± 1,12^{bc}	27,30 ± 0,34^{bc}	42,97 ± 0,82^{bc}	50,92 ± 0,75^{bc}	57,56 ± 0,51^{bcd}	16,87 ± 1,61^{bc}	173,42 ± 5,84^{abc}	30,62 ± 0,79^{abc}
3 W g^{-1} - 70°C	55,92 ± 0,80^{b}	25,80 ± 0,56^{cde}	43,52 ± 1,28^{cd}	50,63 ± 1,16^{cd}	59,27 ± 0,89^{ab}	15,43 ± 1,63^{bc}	163,64 ± 4,30^{bcd}	33,04 ± 0,59^{cde}
3 W g^{-1} - 100°C	50,97 ± 1,36^{bcd}	26,30 ± 0,89^{bc}	40,35 ± 1,96^{cd}	48,18 ± 2,08^{c}	56,81 ± 0,65^{bcde}	20,23 ± 1,75^{bcd}	171,25 ± 8,60^{abcd}	31,07 ± 1,07^{bcd}
3 W g^{-1} - 130°C	44,90 ± 0,89^{gh}	21,50 ± 1,09^{ef}	31,45 ± 0,79^{i}	38,14 ± 1,08^{g}	55,72 ± 1,21^{cdef}	31,29 ± 1,95^{gh}	144,68 ± 5,69^{cd}	32,94 ± 0,89^{cde}
4 W g^{-1} - 70°C	53,73 ± 0,92^{bc}	25,67 ± 0,50^{cde}	42,87 ± 1,13^{cde}	49,98 ± 1,07^{cd}	59,05 ± 0,71^{abc}	17,03 ± 1,90^{bcd}	171,92 ± 10,22^{abc}	31,88 ± 1,28^{ced}
4 W g^{-1} - 100°C	51,73 ± 1,53^{bcd}	23,40 ± 0,81^{def}	38,15 ± 0,44^{defgh}	44,80 ± 0,30^{def}	58,49 ± 1,11^{abc}	22,59 ± 1,67^{de}	152,81 ± 5,37^{cd}	34,10 ± 1,08^{de}
4 W g^{-1} - 130°C	48,80 ± 1,15^{cdef}	21,88 ± 0,73^{fg}	34,03 ± 0,85^{hi}	40,51 ± 0,68^{fg}	57,23 ± 1,24^{abc}	27,21 ± 1,63^{fg}	142,00 ± 4,27^{de}	34,67 ± 0,79^{e}
5 W g^{-1} - 70°C	52,93 ± 1,86^{bc}	29,63 ± 0,67^{b}	46,07 ± 2,60^{ab}	54,87 ± 2,26^{b}	57,00 ± 1,48^{ab}	15,41 ± 2,31^{b}	202,06 ± 19,17^{a}	22,57 ± 2,14^{a}
5 W g^{-1} - 100°C	51,55 ± 1,63^{defg}	25,85 ± 0,85^{bcd}	38,53 ± 2,13^{cdef}	46,58 ± 1,37^{cd}	55,83 ± 2,35^{bcd}	21,84 ± 1,76^{de}	163,26 ± 15,53^{bcd}	32,77 ± 1,99^{cde}
5 W g^{-1} - 130°C	50,57 ± 1,23^{bcde}	24,38 ± 1,04^{cde}	34,45 ± 0,97^{h}	42,28 ± 0,88^{fg}	54,71 ± 1,51^{ef}	24,85 ± 1,65^{ef}	141,98 ± 9,54^{e}	34,94 ± 1,44^{e}

P<0.01; P<0.05; öd, önemli değil, sütunlar arası farklılıklar önemlidir. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi; *L°*, parlaklık/koyuluk; *a°*, kırmızılık/yeşillik; *b°*, sarılık/mavilik; *C*, kroma; *α°*, renk açısı; *ΔE*, toplam renk değişimi; *Eİ*, esmerleşme indeksi; *Bİ*, beyazlaşma indeksi. ±SH.

4.5. Toplam Protein, Makro ve Mikro Besin Elementleri Konsantrasyonu

Taze ve dört farklı yöntemle kurutulmuş Trabzon hurmasının toplam protein ve makro besin elementleri Çizelge 4.15'te sunulmuştur. Taze ürüne en yakın protein içeriği 5 W g^{-1} ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan örneklerde ölçülmüş olup, bunu 4 W g^{-1} – 70°C izlemiştir. Söz konusu kurutma yöntemleri ile kurutulan örneklerdeki toplam protein miktarının taze Trabzon hurmasından sırasıyla 1,89, 1,91 ve 2,43 kat daha düşük olduğu görülmüştür. Diğer yandan, toplam protein içeriğinin doğal kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde taze örneklere oranla 4,78 kat azaldığı saptanmıştır. Bununla birlikte, toplam protein değerinin konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla azaldığı, buna karşın mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla arttığı belirlenmiştir. Hem mikrodalga hem de konvektif kurutma yönteminin, protein içeriği üzerinde %99 önem düzeyinde etkili olduğu görülmüştür.

Taze ürüne en yakın fosfor (*P*) ve potasyum (*K*), 5 W g^{-1} ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan numunelerde ölçülmüştür. Buna karşın, en düşük fosfor içeriği 130°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de belirlenirken, en yüksek potasyum kaybı ise doğal kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Buna göre, 5 W g^{-1} ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan ürünlerdeki fosfor miktarı, taze ürüne kıyasla sırasıyla %11,49 ve %16,10 oranında azalırken, potasyumdaki azalım ise sırasıyla %20,39 ve %20,29 olarak kaydedilmiştir. Taze en yakın kalsiyum (*Ca*) içeriği 5 W g^{-1} – 70°C ve 5 W g^{-1}'de ölçülmüş olup, söz konusu yöntemlerde bulunan kalsiyum değerlerinin, taze örneklerden sırasıyla 1,76 ve 2,29 kat daha düşük olduğu saptanmıştır. Buna karşın, en düşük kalsiyumun içeriği ise doğal ve 130°C'de konvektif kurutma yöntemlerinde analiz edilmiştir. Taze ürüne göre her iki kurutma yöntemindeki azalma oranının sırasıyla 4,29 ve 4,12 olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, tazeye en yakın magnezyum (Mg) içeriği 5 W g^{-1} – 70°C'de elde edilirken, en düşük sonuçlar doğal kurutmada tespit edilmiştir. Buna göre, 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan örneklerdeki magnezyum içeri, doğal kurutmada bulunan sonuçlardan 3,39 kat daha yüksek bulunmuştur. Konvektif kurutma yöntemin protein ve makro besin elementleri üzerinde %99 düzeyinde önemli bir etkisi olduğu saptanırken, mikrodalga kurutma yönteminin ise fosfor ve magnezyum

dışındaki tüm makro besin elementleri ve protein üzerinde %99 önem seviyesinde anlamlı bir ilişki sergilediği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.16'da taze ve dört farklı yöntemle kurutulmuş Trabzon hurmasının mikro besin elementleri verilmiştir. Taze ürüne en yakın sodyum (*Na*) içeriği 5 W g^{-1} mikrodalga kurutma yönteminde ölçülmüş olup, bunu 5 W g^{-1} – 70°C kombine kurutma yöntemi izlemiştir. Buna karşın, en düşük sodyum içeriği ise 4 W g^{-1} – 130°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'de belirlenmiş olup, söz konusu kurutma yöntemlerinde bulunan değerlerin taze örneklerden sırasıyla 2,22 ve 2,54 kat daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Demir (*Fe*) konsantrasyonu açısından taze üründen sonra en başarılı sonuçlar 5 W g^{-1} – 70°C'de elde edilmiştir. Buna karşın, en düşük demir içeriği ise 130°C'de kurutulmuş örneklerde ölçülmüştür. Taze ürüne en yakın bakır içeriği, 5 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 70°C, 3 W g^{-1} – 130°C ve 5 W g^{-1}'de kurutulan numunelerde tespit edilmiştir. Buna karşın, en düşük bakır konsantrasyonu ise 5 W g^{-1} – 130°C'de ölçülmüş olup, söz konusu kurutma yönteminde elde edilen bakır içeriğinin taze ürüne kıyasla 4,19 kat düşük olduğu kaydedilmiştir. Taze ürüne en yakın Mangan (*Mn*) konsantrasyonu 5 W g^{-1} – 70°C'de elde edilmiş olup, söz konusu kurutma yönteminde elde edilen sonuçların taze örneklerden 1,37 kat düşük olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, mangan içeriğindeki en yüksek kayıplar 100 ve 130°C'de kurutulan numunelerde kaydedilmiştir. Buna göre, söz konusu kurutma yöntemlerinde ölçülen sonuçların taze ürünün değerinden 3,39 ve 4,28 kat düşük olduğu görülmüştür. Çinko (*Zn*) içeriği açısından taze örneklerin ardından en iyi sonuçlar 3 W g^{-1} – 70°C'de tespit edilmiş olup, bunu doğal kurutma yöntemi izlemiştir. Buna karşın, en düşük çinko konsantrasyonu ise 130°C'de kurutulan örneklerde saptanmıştır. Diğer taraftan, konvektif kurutma yönteminin tüm mikro besin elementleri üzerinde %99 önem düzeyinde etkisinin olduğu tespit edilirken, mikrodalga kurutma yönteminin ise söz konusu parametreler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Anjum vd. (2021) 60°C'de kurutulan Trabzon hurmasının kalsiyum, potasyum, demir, mangan ve magnezyum üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, belirlenen kalsiyum, potasyum, demir ve mangan içeriklerinin, bu tez çalışmasında elde edilen verilerden sırasıyla 2,94, 2,07, 5,04 ve 2,36 kat düşük olduğu, buna karşın magnezyum

konsantrasyonunun ise 1,09 kat yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elma kabuklarının doğal, konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulduğu ve mineral içeriğinin incelendiği bir çalışmada Alibas vd. (2020), en yüksek çinko konsantrasyonunu bu tez çalışmasındaki gibi doğal kurutma yönteminde ölçmüştür. Alibas vd. (2021) fesleğen yapraklarını doğal, 12,0 ve 20,0 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve taze ürüne en yakın toplam protein ve potasyum içeriğini, 20,0 W g^{-1}'de tespit ederken, en düşük protein içeriğini ise doğal kurutma yönteminde saptamıştır. Ayrıca, en düşük mangan konsantrasyonunun konvektif kurutma denemelerinde gerçekleştiği vurgulanmıştır. Yilmaz ve Alibas (2021) reyhan yapraklarını doğal, konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve taze ürüne en yakın bakır içeriği ile en düşük mangan konsantrasyonu konvektif kurutma yönteminde tespit etmiştir. Yilmaz vd. (2021) kekik yapraklarını doğal, 50°C, 10, 30 ve 50 W g^{-1} mikrodalga güç yoğunluklarında kurutmuş ve sodyumun en iyi korunduğu yöntemin 30 W g^{-1} mikrodalga kurutma yöntemi olduğunu belirlemiştir. Eissa vd. (2013) kabak dilimlerini güneşte ve konvektif yöntemleriyle kurutmuş ve en yüksek bakır içeriğinin konvektif yöntemi olduğunu tespit etmiştir. Moringa yapraklarının 60, 70 ve 80°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutulduğu bir çalışmada Olabode vd. (2015), konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla protein, kalsiyum, fosfor ve demir konsantrasyonlarının azaldığını belirtmiştir. Soğan dilimlerinin güneşte, 50°C, 70°C'de konvektif ve 210 W ve 700 W'da mikrodalga kurutma yöntemleri ile kurutulduğu bir çalışmada Arslan ve Özcan (2010), taze ürüne en yakın bakır içeriğinin 70°C'de ölçüldüğünü vurgulamıştır. Aljuhaimi ve Özcan (2018) çimlenmiş yer fıstığı çekirdeklerini konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemlerini kullanarak kuruttuğu bir çalışmada, mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerdeki potasyum, fosfor, kalsiyum, demir ve çinko içeriğinin diğer yöntemlere kıyasla yüksek olduğunu, buna karşın söz konusu minerallerin konvektif kurutma yönteminden olumsuz etkilendiğinin altını çizmiştir. Juhaimi vd. (2017) Silifke ve Anamur çeşidi hurma dilimlerini güneşte, 70, 90 ve 100°C'de konvektif ve 12, 18 ve 24 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutmuş ve Silifke çeşidi için makro besin elementleri açısından en yüksek sonuçları 12 ve 18 W g^{-1}'de kurutulan numunelerde elde ederken, Anamur çeşidi için en yüksek sonuçları 18 ve 24 W g^{-1}'de tespit etmiştir. Bununla birlikte, her iki çeşit için de demir ve çinko içeriği 12 W g^{-1}'de en yüksek düzeyde ölçülmüştür.

Çizelge 4.15. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının toplam protein içeriği ve makro besin elementleri

	TP ***µg g^{-1} (kb)***	***P*** ***µg g^{-1} (kb)***	***K*** ***µg g^{-1} (kb)***	***Ca*** ***µg g^{-1} (kb)***	***Mg*** ***µg g^{-1} (kb)***
KKE	**	**	**	**	**
70°C	38 198,543 ± 2 920,540^{a}	1 025,300 ± 49,480^{a}	10 418,204 ± 227,687^{a}	911,057 ± 82,069^{a}	738,752 ± 62,852^{a}
100°C	27 876,186 ± 926,647^{b}	748,121 ± 23,385^{b}	9 453,269 ± 221,330^{b}	729,478 ± 20,579^{b}	595,560 ± 30,530^{b}
130°C	26 261,873 ± 706,969^{b}	616,419 ± 21,948^{c}	7 367,277 ± 146,056^{c}	674,076 ± 17,945^{b}	497,853 ± 29,049^{b}
MGE	**	öd	**	**	öd
3 W g^{-1}	28 110,808 ± 966,451^{b}	883,393 ± 31,082	8 457,723 ± 263,810^{b}	705,799 ± 10,862^{b}	616,284 ± 21,921
4 W g^{-1}	32 584,244 ± 1 629,153^{b}	832,751 ± 72,556	9 502,356 ± 452,126^{ab}	773,649 ± 18,186^{b}	633,287 ± 32,508
5 W g^{-1}	41 685,935 ± 3 315,046^{a}	972,568 ± 86,630	10 272,000 ± 379,560^{a}	993,856 ± 73,123^{a}	673,257 ± 64,992
KY	**	**	**	**	**
Taze	99 909,219 ± 669,680^{a}	1 426,858 ± 75,361^{a}	13 555,150 ± 630,464^{a}	2 406,989 ± 196,014^{a}	1 436,859 ± 66,425^{a}
Doğal	20 916,454 ± 1 594,947^{h}	605,941 ± 46,667^{hi}	6 083,778 ± 442,542^{i}	561,678 ± 33,659^{i}	307,289 ± 24,840^{l}
70°C	25 906,781 ± 827,827^{fg}	780,975 ± 21,396^{fg}	9 863,162 ± 531,701^{de}	655,845 ± 34,501^{fghi}	462,971 ± 35,732^{jk}
100°C	23 833,124 ± 1 024,025^{gh}	754,365 ± 39,548^{g}	8 623,396 ± 374,311^{g}	626,651 ± 30,538^{ghi}	442,593 ± 27,491^{k}
130°C	22 976,513 ± 934,407^{gh}	553,864 ± 50,682^{i}	7 108,992 ± 555,244^{h}	584,884 ± 42,356^{hi}	349,234 ± 28,077^{l}
3 W g^{-1}	26 788,379 ± 1 270,201^{fg}	959,681 ± 29,932^{e}	8 659,508 ± 533,012^{g}	684,088 ± 54,265^{fghi}	498,534 ± 44,079^{ijk}
4 W g^{-1}	32 959,159 ± 3 119,446^{de}	1 045,164 ± 59,396^{cd}	10 010,095 ± 437,208^{de}	765,236 ± 41,522^{def}	524,021 ± 29,561^{hij}
5 W g^{-1}	53 146,421 ± 4 528,921^{b}	1 283,185 ± 13,724^{b}	11 259,264 ± 372,192^{b}	1 052,824 ± 36,416^{c}	594,895 ± 25,949^{fg}
3 W g^{-1} - 70°C	33 585,917 ± 2 321,537^{d}	994,715 ± 30,985^{de}	9513,508 ± 555,019^{ef}	755,399 ± 121,983^{def}	670,961 ± 44,205^{de}
3 W g^{-1} - 100°C	26 436,314 ± 2 595,305^{fg}	844,386 ± 69,386^{f}	8 879,760 ± 369,792^{fg}	720,080 ± 50,768^{efg}	681,612 ± 40,080^{d}
3 W g^{-1} - 130°C	25 632,621 ± 1 246,991^{fg}	734,791 ± 26,658^{g}	7 138,117 ± 314,613^{h}	663,627 ± 34,159^{fghi}	613,695 ± 37,013^{ef}
4 W g^{-1} - 70°C	41 183,316 ± 4 083,181^{c}	1 096,534 ± 35,224^{c}	11 027,116 ± 137,448^{bc}	869,124 ± 23,410^{d}	780,783 ± 20,339^{c}
4 W g^{-1} - 100°C	29 179,638 ± 968,082^{ef}	629,501 ± 14,089^{h}	9 951,245 ± 214,516^{de}	757,609 ± 32,569^{def}	691,814 ± 17,944^{d}
4 W g^{-1} - 130°C	27 014,865 ± 1 240,121^{fg}	559,807 ± 57,293^{hi}	7 120,968 ± 453,679^{h}	702,629 ± 26,789^{efgh}	536,528 ± 38,144^{ghi}
5 W g^{-1} - 70°C	52 118,157 ± 3 840,526^{b}	1 228,974 ± 32,439^{b}	11 269,028 ± 74,938^{b}	1 363,860 ± 86,022^{b}	1 040,292 ± 53,717^{b}
5 W g^{-1} - 100°C	32 055,668 ± 701,567^{de}	766,565 ± 20,628^{g}	10 358,677 ± 752,063^{cd}	813,574 ± 35,914^{de}	566,220 ± 20,704^{fgh}
5 W g^{-1} - 130°C	29 423,493 ± 3 114,195^{def}	617,214 ± 4,393^{hi}	8 201,030 ± 493,790^{g}	745,165 ± 60,943^{defg}	491,621 ± 34,687^{ijk}

P<0.01, Sütunlar arası farklılıklar önemlidir. ^{öd}, önemli değil; *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi; *TP*, toplam protein; *P*, fosfor; *K*, potasyum; *Ca*, kalsiyum; *Mg*, magnezyum; ±, standart hata; *kb*, kuru baz.

Çizelge 4.16. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının mikro besin elementleri

	Na ***µg g^{-1} (kb)***	***Fe*** ***µg g^{-1} (kb)***	***Cu*** ***µg g^{-1} (kb)***	***Mn*** ***µg g^{-1} (kb)***	***Zn*** ***µg g^{-1} (kb)***
KKE	**	**	**	**	**
70°C	373,744 ± 10,940^{a}	16,872 ± 0,879^{a}	1,960 ± 0,117^{a}	10,942 ± 0,813^{a}	3,645 ± 0,170^{a}
100°C	316,953 ± 11,859^{b}	14,035 ± 0,660^{b}	1,562 ± 0,051^{b}	8,660 ± 0,768^{b}	3,150 ± 0,158^{b}
130°C	256,148 ± 13,674^{c}	12,187 ± 0,864^{b}	1,624 ± 0,124^{b}	7,401 ± 0,664^{b}	2,929 ± 0,138^{b}
MGE	öd	öd	öd	öd	öd
3 W g^{-1}	356,090 ± 10,592	14,864 ± 0,196	1,639 ± 0,116	9,902 ± 0,346	3,561 ± 0,150
4 W g^{-1}	313,934 ± 21,401	15,837 ± 0,446	1,814 ± 0,120	11,192 ± 0,400	3,385 ± 0,114
5 W g^{-1}	334,135 ± 28,115	16,016 ± 0,960	1,764 ± 0,143	9,860 ± 0,884	3,431 ± 0,178
KY	**	**	**	**	**
Taze	540,113 ± 3,521^{a}	40,607 ±0,288^{a}	5,091 ±0,145^{a}	18,010 ±0,103^{a}	10,097 ±0,273^{a}
Doğal	336,927 ±11,847^{fgh}	9,630 ±0,799^{j}	1,223 ±0,082^{gh}	8,121 ±0,470^{j}	4,630 ±0,050^{b}
70°C	358,663 ±9,138^{ef}	13,333 ±0,588^{h}	1,725 ±0,039^{de}	6,779 ±0,194^{k}	2,950 ±0,185^{gh}
100°C	327,281 ±13,591^{gh}	10,363 ±0,330^{j}	1,545 ±0,081^{ef}	5,311 ±0,018^{l}	2,615 ±0,074^{hi}
130°C	280,102 ±14,702^{j}	7,565 ±0,219^{k}	1,517 ±0,176^{ef}	4,206 ±0,359^{m}	2,336 ±0,145^{i}
3 W g^{-1}	370,863 ±8,158d^{e}	14,411 ±0,378^{g}	1,291 ±0,158^{gh}	9,275 ±0,147^{hi}	3,121 ±0,333^{g}
4 W g^{-1}	392,235 ±18,694^{cd}	15,072 ±0,408^{efg}	1,563 ±0,050^{def}	10,545 ±0,485^{fg}	3,617 ±0,100^{def}
5 W g^{-1}	432,202 ±25,744^{b}	16,271 ±0,546^{d}	2,219 ±0,205^{bc}	12,280 ±0,163^{cd}	3,773 ±0,129^{cd}
3 W g^{-1} - 70°C	378,527 ±22,102^{cde}	15,260 ±0,253^{ef}	1,527 ±0,073^{ef}	11,262 ±0,708^{ef}	4,088 ±0,196^{bc}
3 W g^{-1} - 100°C	364,726 ±12,162^{def}	15,463 ±0,327^{e}	1,509 ±0,036^{f}	10,363 ±0,214^{g}	3,736 ±0,184^{c}
3 W g^{-1} - 130°C	310,243 ±17,784^{gi}	14,320 ±0,148^{g}	2,231 ±0,121^{bc}	8,706 ±0,346^{ij}	3,299 ±0,162^{cd}
4 W g^{-1} - 70°C	350,724 ±26,410^{efg}	18,142 ±0,448^{c}	2,402 ±0,216^{b}	12,588 ±0,945^{bc}	3,623 ±0,264^{de}
4 W g^{-1} - 100°C	291,235 ±22,524^{ij}	15,514 ±0,363^{de}	1,759 ±0,124^{d}	11,723 ±0,348^{de}	3,220 ±0,296^{fg}
4 W g^{-1} - 130°C	221,541 ±15,920^{k}	14,622 ±0,382^{fg}	1,533 ±0,089^{ef}	9,912 ±0,346^{gh}	3,079 ±0,056^{g}
5 W g^{-1} - 70°C	407,063 ±20,463^{bc}	20,750 ±0,698^{b}	2,187 ±0,064^{c}	13,140 ±0,777^{b}	3,918 ±0,343^{cd}
5 W g^{-1} - 100°C	284,570 ±14,297^{ij}	14,803 ±0,308^{efg}	1,435 ±0,066^{fg}	7,242 ±0,189^{k}	3,029 ±0,317^{g}
5 W g^{-1} - 130°C	212,707 ±5,958^{k}	12,244 ±0,546^{i}	1,215 ±0,069^{h}	6,779 ±0,194^{k}	3,003 ±0,336^{gh}

P<0.01; P<0.05; Sütunlar arası farklılıklar önemlidir. ^{öd}, önemli değil, *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi; *Na*, sodyum; *Fe*, demir; *Cu*, bakır; *Mn*, mangan; *Zn*, çinko. ±, standart hata; *kb*, kuru baz.

4.6. Biyoaktif Bileşenler

4.6.1. Toplam fenolik içeriği

Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerine ait ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir fenolleri ve yüzde biyoalınabilirlik verileri hem Çizelge 4.17 hem de Şekil 4.34'te verilmiştir. Buna göre, taze örneklere en yakın ekstrakte edilebilir fenolik içeriği doğal kurutma yönteminde ölçülmüş olup, bunu 4 W g^{-1} – 70°C takip etmiştir. Taze ürünün ardından en yüksek hidrolize edilebilir fenolik içerik sırasıyla 5 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 70°C'de elde edilirken, en düşük sonuçlar ise 4 W g^{-1} – 130°C'de kaydedilmiştir. Öte yandan, en yüksek biyoalinabilir fenolik bileşenler ise 130°C'de ölçülürken, en düşük veriler ise 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de saptanmıştır. Ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir fenolik bileşenler bakımından nispeten düşük sonuçlar elde edilmesine karşın, 5 W g^{-1} ve 130°C'de kurutulan örneklerin yüzde biyoalınabilirliğinin sırasıyla %67,06 ve %68,61 ile taze ve diğer kurutma yöntemlerinde ölçülen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşın, en yüksek hidrolize edilebilir fenolik içeriğin ölçüldüğü 5 W g^{-1} – 130°C'de %21,61 değeri ile en düşük yüzde biyoalınabilirlik elde edilmiştir.

Konvektif kurutma yönteminin sadece ekstrakte edilebilir ve biyoalınabilir fenolik içerik üzerinde değil, aynı zamanda yüzde biyoalınabilirlik üzerinde de %99 önem düzeyinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülürken, hidrolize edilebilir fenoller üzerinde istatistiksel anlamda bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, mikrodalga kurutma yönteminin biyoalınabilir fenol içeriği ile yüzde biyoalınabilirlik üzerinde %95 düzeyinde anlamlı bir etkisinin olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca, mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla biyoalınabilir fenollerin ve yüzde biyoalınabilirliğin de arttığı tespit edilmiştir.

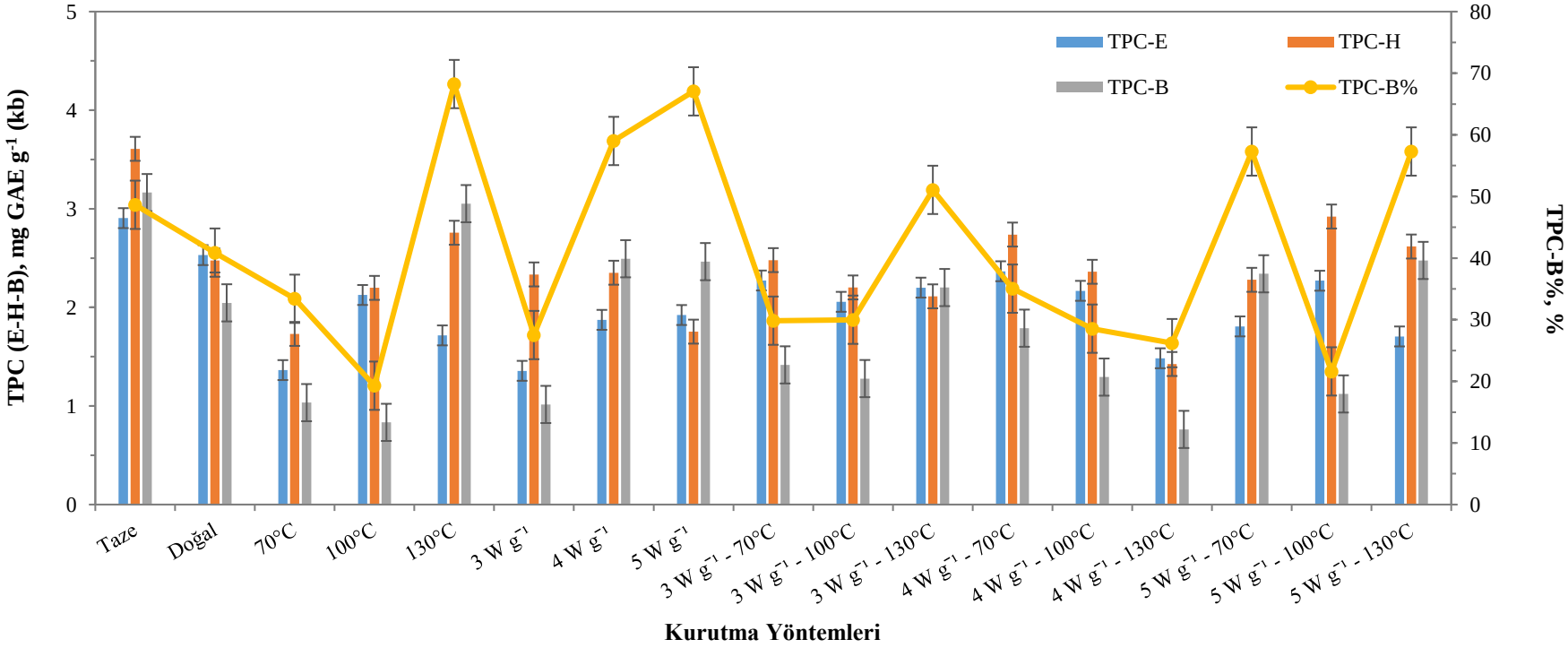
Trabzon hurmasının 50°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutulduğu bir çalışmada Kayacan vd. (2020), ekstrakte edilebilir toplam fenolik içeriğin bu tezde 70°C'de elde edilen değerden %76 oranında daha düşük olduğunu bulmuştur. Daebong çeşidi Trabzon hurmasının kabuklarının 70°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutulduğu

bir çalışmada, Akter vd. (2010) ekstrakte edilebilir fenol içeriğini bu tezde elde edilen ilgili bulgudan 6,70 kat daha düşük olarak belirlemiştir. Akyıldız vd. (2004) Türkay çeşidi Trabzon hurmasını 75°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve ekstrakte edilebilir fenol içeriğini bu tezde 70°C'de elde edilen ilgili bulgudan 4,13 kat yüksek olduğunu tespit etmiştir. Lucas-González vd. (2018) Rojo Brillante ve Triumph çeşidi Trabzon hurması püresini 45°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutmuş ve ekstrakte edilebilir fenolik içeriğin bu tezde kast edilen ilgili bulgu ile paralellik gösterdiğini bildirmiştir. Wei vd. (2022) Trabzon hurması dilimlerini 280 ve 420 W'ta kurutmuş ve ekstrakte edilebilir fenolik içeriklerini bu tezde 300 ve 400 W'ta elde edilen ilgili bulgulardan sırasıyla 1,84 ve 2,08 kat daha yüksek bulmuştur. Ayrıca, çalışmada mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla toplam fenolik içeriğin arttığı vurgulanmıştır. Milczarek vd. (2020) 63°C'de kurutulan Hachiya çeşidi Trabzon hurma dilimlerinin ekstrakte edilebilir toplam fenolik içeriğinin bu tezde 70°C'de elde edilen ilgili veriden 3,5 kat yüksek olduğunu tespit etmiştir. Lim vd. (2022) 60 ve 90°C'de kurutulan Thunb çeşidi Trabzon hurmasının hidrolize edilebilir fenolik içeriğinin, bu tezde 70 ve 100°C'de kaydedilen bulgulardan sırasıyla 2,89 ve 3,64 kat daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Juhaimi vd. (2017) 12, 18 ve 24 W g^{-1}'de kurutulan hurma dilimlerinin ekstrakte edilebilir fenolik içeriğini sırasıyla 1,33, 1,15 ve 1,33 mg g^{-1} olarak tespit etmiştir. Bununla birlikte, aynı çalışmada, 70, 90 ve 110°C'de kurutulan örneklerin ekstrakte edilebilir toplam fenolik içerikleri ise sırasıyla 0,95, 1,40 ve 0,98 mg g^{-1} olarak belirlenmiştir. Özcan vd. (2021) 60°C ve 940 W'ta kurutulan portakal kabuklarının ekstrakte edilebilir toplam fenolik içeriğini sırasıyla 1,73 ve 1,70 mg g^{-1} olarak saptamıştır. Igual vd. (2012) 60°C, 0,83 W g^{-1} ve 40°C – 0,83 W g^{-1}'de kurutulan Trabzon hurması dilimlerinin ekstrakte edilebilir toplam fenolik içeriğini sırasıyla 0,65, 0,81 ve 0,60 mg g^{-1} olarak tespit etmiştir. Çimlenmiş yer fıstığı çekirdeklerinin konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulduğu bir çalışmada Aljuhaimi ve Özcan (2018), taze ürüne en yakın ekstrakte edilebilir fenolik içeriğin mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edildiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.17. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının toplam fenolik içeriği

Kurutma Yöntemi	Toplam Fenolik İçeriği (mg GAE g^{-1} (kb))			
	E	***H***	***B***	***%B***
KKE	**	öd	**	**
70°C	1,95 ± 12,15^{ab}	2,31 ± 0,11	1,65 ± 0,15^{a}	38,90 ± 3,27^{b}
100°C	2,16 ± 2,61^{a}	2,42 ± 0,09	1,13 ± 0,06^{b}	24,86 ± 1,38^{c}
130°C	1,78 ± 8,02^{b}	2,23 ± 0,16	2,12 ± 0,25^{a}	50,70 ± 4,67^{a}
MGE	öd	öd	*	*
3 W g^{-1}	1,97 ± 0,11	228,21 ± 0,04	1,48 ± 0,13^{b}	34,61 ± 2,91^{b}
4 W g^{-1}	1,97 ± 0,10	221,92 ± 0,15	1,58 ± 0,19^{b}	37,20 ± 3,92^{b}
5 W g^{-1}	1,93 ± 0,007	239,32 ± 0,13	2,10 ± 0,17^{a}	50,82 ± 5,25^{a}
KY	**	**	**	**
Taze	2,91 ± 0,06^{a}	3,61 ± 0,09^{a}	3,16 ± 0,07^{a}	48,65 ± 1,96^{c}
Doğal	2,53 ± 0,05^{b}	2,48 ± 0,04^{e}	2,05 ± 0,01^{f}	40,89 ± 0,74^{d}
70°C	1,36 ± 0,03^{l}	1,73 ± 0,02^{j}	1,03 ± 0,03^{jk}	33,40 ± 0,58^{e}
100°C	2,13 ± 0,04^{f}	2,20 ± 0,02^{h}	0,83 ± 0,02^{l}	19,29 ± 0,57^{h}
130°C	1,72 ± 0,02^{j}	2,76 ± 0,04^{c}	3,05 ± 0,03^{b}	68,24 ± 0,95^{a}
3 W g^{-1}	1,36 ± 0,01^{l}	2,33 ± 0,01^{fg}	1,02 ± 0,02^{k}	27,51 ± 0,51^{fg}
4 W g^{-1}	1,87 ± 0,05^{h}	2,35 ± 0,04^{fg}	2,49 ± 0,03^{c}	59,01 ± 0,33^{b}
5 W g^{-1}	1,92 ± 0,03^{h}	1,76 ± 0,01^{j}	2,46 ± 0,07^{c}	67,06 ± 2,28^{a}
3 W g^{-1} - 70°C	2,27 ± 0,03^{d}	2,48 ± 0,06^{e}	1,42 ± 0,03^{h}	29,84 ± 1,00^{f}
3 W g^{-1} - 100°C	2,06 ± 0,03^{g}	2,20 ± 0,03^{h}	1,28 ± 0,03^{i}	35,04 ± 0,28^{e}
3 W g^{-1} - 130°C	2,20 ± 0,04^{e}	2,11 ± 0,03^{i}	2,20 ± 0,04^{e}	57,30 ± 0,96^{b}
4 W g^{-1} - 70°C	2,37 ± 0,03^{c}	2,74 ± 0,05^{c}	1,79 ± 0,02^{g}	29,99 ± 0,42^{f}
4 W g^{-1} - 100°C	2,17 ± 0,01^{ef}	2,36 ± 0,03^{f}	1,29 ± 0,03^{i}	28,55 ± 0,54^{fg}
4 W g^{-1} - 130°C	1,48 ± 0,04^{k}	1,43 ± 0,04^{k}	0,76 ± 0,00^{m}	21,61 ± 0,25^{h}
5 W g^{-1} - 70°C	1,81 ± 0,05^{i}	2,28 ± 0,03^{g}	2,34 ± 0,02^{d}	51,07 ± 1,43^{c}
5 W g^{-1} - 100°C	2,27 ± 0,02^{d}	2,92 ± 0,03^{b}	1,12 ± 0,01^{j}	26,20 ± 0,13^{g}
5 W g^{-1} - 130°C	1,71 ± 0,02^{j}	2,62 ± 0,07^{d}	2,48 ± 0,01^{c}	57,30 ± 0,57^{b}

**P<0.01; *P<0.05: Sütunlar arası farklılıklar önemlidir. ^{öd}, önemli değil. ± standart hata. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi. *GAE*, gallik asit eşdeğeri; *kb*, kuru baz; *E*, ekstrakte; *H*, hidrolize; *B*, biyoalınabilirlik; *%B*, yüzde biyoalınabilirlik.



Şekil 4.34. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının toplam fenolik içeriğinin ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği

4.6.2. Toplam antioksidan kapasitesi

DPPH yöntemi

Çizelge 4.18'de ve Şekil 4.35'te taze ve dört farklı teknikle kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin DPPH yöntemine göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi ve yüzde biyoalınabilik değeri gösterilmiştir. Buna göre, DPPH yönteminde en yüksek ekstrakte edilebilir fenollerin antioksidan kapasitesi 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de elde edilirken, en düşük değerler ise 130°C ve 4 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan Trabzon hurması örneklerinde ölçülmüştür. Diğer taraftan, tazeye en yakın hidrolize edilebilir antioksidan kapasitesi 3 W g^{-1} – 100°C'de tespit edilmiş olup, bunu doğal kurutma ve 5 W g^{-1} – 70°C'da kombine kurutma yöntemleri takip etmiştir. Taze ürünün ardından en yüksek biyoalınabilir antioksidan kapasitesi, 3 W g^{-1} – 100°C'da kombine kurutma, 4 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma ve doğal kurutmada elde edilmiştir. Buna karşın, en düşük hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir antioksidan kapasitesi ise 3 W g^{-1} – 130°C'da kurutulan örneklerde ölçülmüştür. Taze örneklere en yakın yüzde biyoalınabilirlik %23,06 ve %21,57 ile sırasıyla 100 ve 130°C'de belirlenmiş olup, en düşük yüzde biyoalınabilirlik ise %17,22 değeri ile 5 W g^{-1} – 130°C'de tespit edilmiştir.

Mikrodalga kurutma tekniği, DPPH yöntemine göre antioksidan kapasitesinin herhangi bir parametresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki sergilemezken, konvektif kurutma yöntemi ise hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi üzerinde %99 önem düzeyinde anlamlı bir etkiye sahiptir. Ayrıca, konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla, hidrolize ve biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesinin azaldığı görülmüştür.

CUPRAC yöntemi

CUPRAC yöntemine göre taze, doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine kurutma yöntemlerine ile kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir fenollerinin antioksidan kapasitesi ile yüzde biyoalınabilirlik sonuçları

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.36'da sunulmuştur. Buna göre, CUPRAC yöntemine göre taze ürüne en yakın ekstrakte edilebilir ve biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi doğal kurutma yöntemiyle kurutulan numunelerde ölçülmüştür. Hidrolize edilebilir antioksidan kapasitesi bakımından en başarılı sonuçlar 5 W g^{-1} – 130°C ve 5 W g^{-1} – 100°C'de kombine kurutma yöntemlerinde elde edilirken, en düşük ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi ise 70°C'de kaydedilmiştir. Yüzde biyoalınabilirlik için en başarılı sonuçlar doğal kurutma ve 5 W g^{-1} – 100°C'da kombine kurutma yöntemlerinde elde edilirken, en düşük yüzde biyoalınabilirlik ise 3 W g^{-1}'de kurutulan ürünlerde tespit edilmiştir.

Konvektif kurutma yönteminin, ekstrakte edilebilir ve biyoalınabilir antioksidan kapasitesi üzerinde %99 ve yüzde biyoalınabilirlik üzerinde ise %95 önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür. Buna karşın, mikrodalga kurutma tekniğinin, CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

ABTS yöntemi

Çizelde 4.20 ve Şekil 4.37'de taze ve dört farklı teknikle kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin ABTS yöntemine göre ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir fenollerine ait antioksidan kapasitesi ile yüzde biyoalınabilirlik değerleri verilmiştir. Buna göre, taze örneklere en yakın ekstrakte edilebilir fenollerin antioksidan kapasitesi doğal kurutma yönteminde elde edilmiş olup, bunu 4 W g^{-1} ve 5 W g^{-1} – 70°C izlemiştir. Buna karşın, ekstrakte edilebilir örneklerde en düşük sonuçlar 130°C'de elde edilmiştir. Tazeye en yakın hidrolize edilebilir fenollerin antioksidan kapasitesi 5 W g^{-1} – 70°C ve 3 W g^{-1} – 100°C'de kurutulan örneklerde ölçülürken, biyoalınabilir antioksidan kapasitesi bakımından taze örneklerin ardından en yüksek sonuçlar 3 W g^{-1}'de kaydedilmiştir. Ayrıca, en düşük hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi, 3 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan örneklerde saptanmıştır. Bununla birlikte, en düşük ekstrakte ve hidrolize edilebilir fenollerin antioksidan kapasitesinin ölçüldüğü 130°C'de konvektif kurutulan örneklerde %79,01 değeri ile en yüksek yüzde biyoalınabilirlik tespit edilirken, ekstrakte ve hidrolize edilebilir fenollerinin antioksidan kapasitesinin

nispeten yüksek olduğu 5 W g^{-1} – 70°C'de %23,84 değeri ile en düşük yüzde biyoalınabilirlik kaydedilmiştir.

Konvektif kurutma yönteminin sadece ekstrakte ve hidrolize edilebilir fenolellerin antioksidan kapasitesi üzerinde değil, aynı zamanda yüzde biyoalınabilirlik üzerinde de %99 önem düzeyinde anlamlı bir etkisinin olduğu kaydedilirken, biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi üzerinde %95 önem seviyesinde bir etkisinin olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, mikrodalga kurutma yönteminin ilgili parametreler üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan CUPRAC, ABTS ve DPPH metotları içinde en yüksek sonuçlara DPPH yönteminde ulaşıldığı için bu yöntem Fuyu çeşidi Trabzon hurmasının antioksidan tayini için en başarılı yöntem olarak kabul edilmiştir.

Milczarek vd. (2020), 63°C'de kurutulan Hachiya çeşidi Trabzon hurmasının ABTS yöntemine göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin bu tezde 70°C'de elde edilen bulgudan %24 oranında daha düşük olduğunu saptamıştır. Lim vd. (2022) 60 ve 90°C'de kurutulan kabukları soyulmuş Thunb çeşidi Trabzon hurmasının ABTS yöntemlerine göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin bu tezde 70 ve 100°C'de elde edilen bulgulardan sırasıyla 2,34 ve 1,46 kat yüksek olduğunu tespit etmiştir. Çalışmada ayrıca, DPPH yöntemine göre ektrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin bu tezdeki ilgili bulgulardan sırasıyla 4,66 ve 8,95 kat düşük olduğu görülmüştür. Wei vd. (2022) 280, 350 ve 420 W'ta kurutulan Trabzon hurması dilimlerinin DPPH yöntemine göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin bu tezde elde edilen bulgulara paralel olduğunu belirtmiştir. Buna karşın, ABTS'ye göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin ise bu tezde kaydedilen bulgulardan ortalama 2 kat daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Zhao vd. (2021) 70°C'de kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerinin DPPH yöntemine göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin 15 μmol Trolox g^{-1} olduğunu belirtmiştir. Kayacan vd. (2020) 55°C'de kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerinin DPPH ve ABTS metotlarına göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesini sırasıyla 1,01 ve 2,19 mg TE g^{-1} olarak

belirlemiştir. Anjum vd. (2021) 60°C'de kurutulan Trabzon hurması dilimlerinin DPPH'e göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi için inhibisyon değerinin %79,95 olduğunu saptamıştır. Söz konusu çalışmada elde edilen inhibisyon oranı ile bu tez çalışmasında 70°C'de kaydedilen inhibisyon değeri örtüşmektedir. Akter vd. (2010) 70°C'de kurutulan Trabzon hurması kabuklarının ABTS yöntemine göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin hesaplanmasında kullanılan inhibisyon değerinin %45,29 olduğunu belirtmiştir. Çalışmada kaydedilen inhibisyon değeri tez çalışmasıyla paralellik göstermektedir.

Kızılcığın doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine kurutma yöntemiyle kurutulduğu bir çalışmada Zia ve Alibas (2021a), DPPH yöntemine göre tazeye en yakın ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin 2 W g^{-1} – 90°C, 6 W g^{-1} – 70°C ve 10 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yöntemlerinde elde edildiğini bildirmiştir. DPPH'e göre taze ürüne en yakın hidrolize edilebilir antioksidan kapasitesi ise 2 W g^{-1}– 50°C'de bulunurken, bunu doğal kurutma yöntemi izlemiştir. Aynı antioksidan kapasite tayin yöntemine göre, yüzde biyoalınabilirliğin kombine kurutma yöntemlerinde önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. CUPRAC'a göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi için doğal kurutmanın en başarılı yöntem olduğu, buna karşın konvektif kurutma yönteminin ilgili parametre üzerinde ciddi kayıplara neden olduğu görülmüştür. Ayrıca, çalışmada mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla ekstrakte edilebilir fenollerdeki antioksidan kapasitesinin arttığı saptanmıştır. Diğer taraftan, CUPRAC'a göre tazeye en yakın hidrolize edilebilir antioksidan kapasitesinin kombine kurutma yöntemlerinde elde edildiği tespit edilmiştir. Yaban mersinini doğal, konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kuruttuğu bir çalışmada Zia ve Alibas (2021b), DPPH yöntemine göre tazeye en yakın ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesinin 6 W g^{-1} ve doğal kurutma yöntemlerinde elde edildiğini vurgulamıştır. ABTS'ye göre belirlenen antioksidan kapasiteleri için ekstrakte edilebilir örneklerde doğal kurutma yöntemiyle kurutulan ürünlerde en yüksek sonuçlara ulaşılırken, en yüksek hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir antioksidan kapasitesi mikrodalga kurutma yönteminde elde edilmiştir. Buna karşın, en yüksek yüzde alınabilirlik ise konvektif kurutma yönteminde kaydedilmiştir.

Çizelge 4.18. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının DPPH yöntemine göre antioksidan kapasitesi

Kurutma Yöntemi	Toplam Antioksidan Kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} (kb))			
	E	***H***	***B***	***%B***
KKE	öd	**	**	öd
70°C	298,69 ± 6,34	101,73 ± 2,85^{a}	79,83 ± 1,50^{b}	19,97 ± 0,29
100°C	327,62 ± 7,90	105,89 ± 1,88^{a}	83,70 ± 0,97^{a}	19,39 ± 0,43
130°C	307,93 ± 9,85	94,14 ± 2,45^{b}	76,76 ± 1,46^{b}	19,28 ± 0,70
MGE	öd	öd	öd	öd
3 W g^{-1}	314,51 ± 6,65	103,18 ± 3,70	80,12 ± 2,06	19,18 ± 0,11
4 W g^{-1}	320,61 ± 10,15	102,50 ± 2,79	81,09 ± 1,57	19,28 ± 0,46
5 W g^{-1}	323,00 ± 2,87	104,53 ± 1,69	79,94 ± 1,12	18,71 ± 0,30
KY	**	**	**	**
Taze	402,71 ± 4,70^{a}	129,33 ± 2,61^{a}	147,27 ± 2,55^{a}	27,68 ± 0,46^{a}
Doğal	310,14 ± 10,10^{e}	112,80 ± 1,35^{bc}	89,52 ± 3,67^{b}	21,19 ± 0,97^{cd}
70°C	317,46 ± 1,49^{de}	101,37 ± 4,12^{defg}	86,29 ± 1,85^{cd}	20,60 ± 0,26^{de}
100°C	284,18 ± 2,40^{g}	98,71 ± 1,55^{fg}	82,57 ± 0,50^{ef}	21,57 ± 0,31^{c}
130°C	264,26 ± 6,08^{h}	89,98 ± 1,88^{h}	81,72 ± 2,74^{efg}	23,06 ± 0,42^{b}
3 W g^{-1}	323,92 ± 2,23^{cd}	110,26 ± 0,41^{c}	83,90 ± 0,63^{de}	19,32 ± 0,17^{f}
4 W g^{-1}	319,45 ± 0,91^{cde}	113,81 ± 1,68^{bc}	88,79 ± 0,71^{bc}	20,49 ± 0,23^{e}
5 W g^{-1}	318,05 ± 3,97^{de}	99,79 ± 0,72^{efg}	81,34 ± 0,62^{efg}	19,47 ± 0,35^{f}
3 W g^{-1} - 70°C	297,50 ± 6,20^{f}	103,37 ± 2,11^{de}	76,37 ± 1,04^{hi}	19,06 ± 0,23^{f}
3 W g^{-1} - 100°C	344,51 ± 3,06^{b}	115,60 ± 0,48^{b}	88,85 ± 1,03^{bc}	19,32 ± 0,35^{f}
3 W g^{-1} - 130°C	292,13 ± 5,43^{fg}	83,47 ± 0,49^{i}	71,37 ± 0,47^{j}	19,01 ± 0,20^{f}
4 W g^{-1} - 70°C	266,99 ± 7,70^{h}	88,75 ± 1,85^{h}	74,47 ± 0,71^{i}	20,95 ± 0,53^{cde}
4 W g^{-1} - 100°C	349,51 ± 3,42^{b}	104,65 ± 0,49^{d}	80,95 ± 0,90^{efg}	17,82 ± 0,05^{g}
4 W g^{-1} - 130°C	346,49 ± 1,56^{b}	102,79 ± 1,98^{def}	80,13 ± 0,84^{fg}	17,84 ± 0,19^{g}
5 W g^{-1} - 70°C	312,83 ± 2,07^{e}	113,41 ± 0,71^{bc}	82,19 ± 0,83^{ef}	19,28 ± 0,24^{f}
5 W g^{-1} - 100°C	318,99 ± 3,31^{de}	97,38 ± 0,50^{g}	78,77 ± 0,36^{gh}	18,86 ± 0,14^{f}
5 W g^{-1} - 130°C	328,83 ± 5,07^{c}	100,30 ± 1,51^{efg}	73,83 ± 1,20^{ij}	17,22 ± 0,47^{g}

**P<0.01; *P<0.05; Sütunlar arasındaki farklılıklar önemlidir. öd, önemli değil. ± standart hata. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi. *kb*, kuru baz; *E*, ekstrakte; *H*, hidrolize; *B*, biyoalınabilirlik; *%B*, yüzde biyoalınabilirlik.

Çizelge 4.19. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi

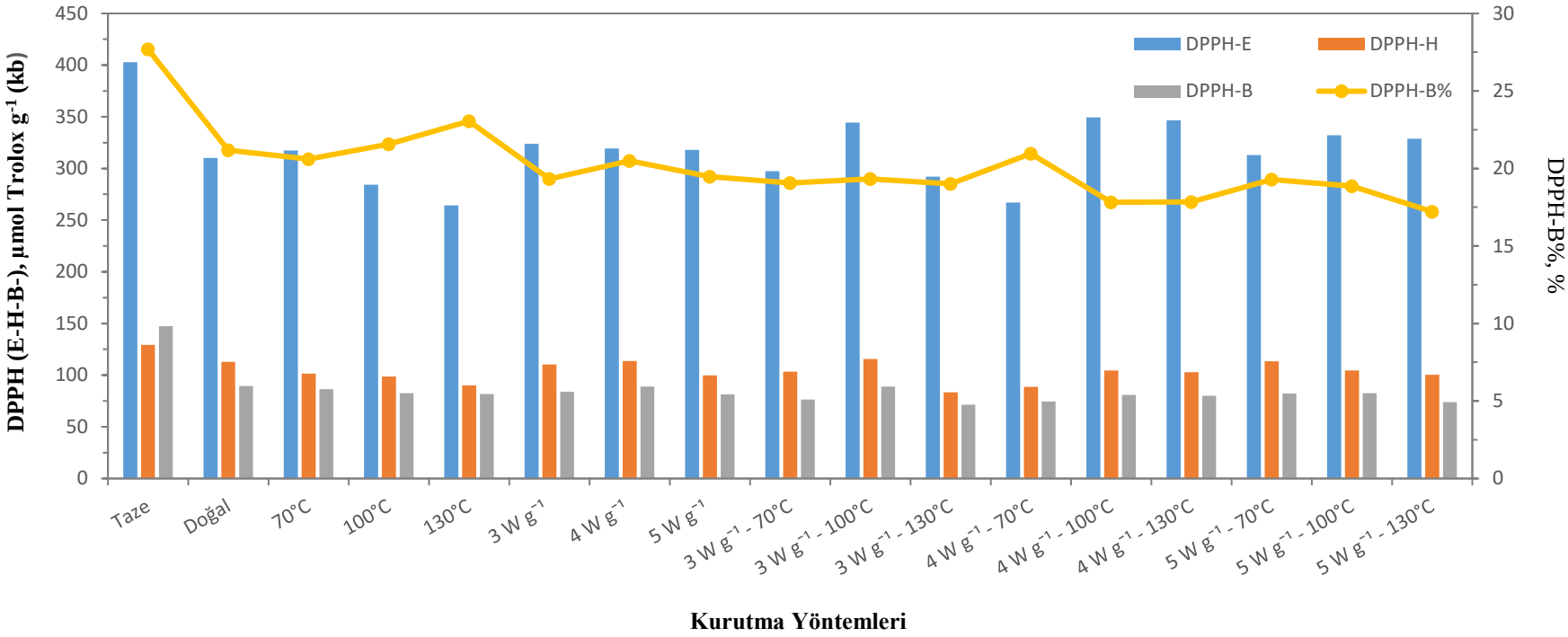
Kurutma Yöntemi	Toplam Antioksidan Kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} (kb))			
	E	***H***	***B***	***%B***
KKE	**	öd	**	*
70°C	81,15 ± 5,18^{a}	45,51 ± 2,61	42,04 ± 3,84^{b}	32,90 ± 1,94^{b}
100°C	85,14 ± 1,28^{a}	49,56 ± 1,97	55,98 ± 4,51^{a}	41,46 ± 3,21^{a}
130°C	52,69 ± 1,44^{b}	47,57 ± 2,65	40,34 ± 0,64^{b}	40,51 ± 1,08^{a}
MGE	öd	öd	öd	öd
3 W g^{-1}	76,68 ± 3,77	47,72 ± 1,34	43,05 ± 4,89	34,23 ± 3,31
4 W g^{-1}	80,98 ± 5,77	48,31 ± 1,90	44,55 ± 1,13	35,60 ± 1,82
5 W g^{-1}	77,31 ± 4,91	51,76 ± 2,19	49,25 ± 5,43	38,14 ± 3,86
KY	**	**	**	**
Taze	152,41 ± 3,88^{a}	82,75 ± 2,59^{a}	104,80 ± 1,70^{a}	44,57 ± 0,04^{c}
Doğal	128,03 ± 3,15^{b}	46,52 ± 1,27^{h}	93,55 ± 1,19^{b}	53,60 ± 0,84^{b}
70°C	51,94 ± 1,25^{j}	30,72 ± 0,90^{k}	24,04 ± 0,81^{l}	29,11 ± 1,27^{jk}
100°C	85,52 ± 1,58^{f}	39,24 ± 1,03^{ij}	40,97 ± 1,29^{hi}	32,87 ± 1,45^{gh}
130°C	51,12 ± 0,24^{jk}	52,95 ± 1,47^{d}	42,87 ± 0,89^{gh}	41,23 ± 1,30^{d}
3 W g^{-1}	69,38 ± 2,20^{h}	50,75 ± 2,20^{efg}	18,89 ± 0,64^{m}	15,76 ± 0,69^{l}
4 W g^{-1}	96,38 ± 1,18^{c}	52,49 ± 0,67^{de}	47,57 ± 1,80^{f}	31,97 ± 1,40^{hi}
5 W g^{-1}	86,77 ± 1,35^{ef}	40,29 ± 1,19^{i}	35,35 ± 1,39^{k}	27,87 ± 1,47^{k}
3 W g^{-1} - 70°C	87,67 ± 0,57^{ef}	49,07 ± 1,15^{g}	59,81 ± 0,87^{d}	43,74 ± 0,59^{c}
3 W g^{-1} - 100°C	89,40 ± 2,00^{de}	50,26 ± 0,61^{fg}	55,08 ± 2,63^{e}	39,41 ± 1,42^{de}
3 W g^{-1} - 130°C	60,27 ± 0,36^{i}	40,82 ± 0,51^{i}	38,41 ± 1,30^{j}	38,02 ± 1,54^{ef}
4 W g^{-1} - 70°C	92,33 ± 1,97^{d}	50,91 ± 0,31^{defg}	43,56 ± 0,50^{g}	30,42 ± 0,57^{ij}
4 W g^{-1} - 100°C	86,66 ± 0,47^{ef}	52,22 ± 1,49^{def}	47,82 ± 0,27^{f}	34,45 ± 0,59^{g}
4 W g^{-1} - 130°C	48,56 ± 1,06^{k}	37,63 ± 0,55^{j}	39,25 ± 0,46^{ij}	45,55 ± 0,38^{c}
5 W g^{-1} - 70°C	92,68 ± 2,85^{d}	51,36 ± 0,12^{def}	40,75 ± 0,87^{hi}	28,32 ± 0,85^{k}
5 W g^{-1} - 100°C	78,97 ± 0,48^{g}	56,50 ± 0,85^{c}	80,04 ± 1,82^{c}	59,11 ± 1,80^{a}
5 W g^{-1} - 130°C	50,80 ± 1,97^{k}	58,88 ± 0,96^{b}	40,83 ± 0,66^{hi}	37,25 ± 0,54^{f}

**P<0.01; *P<0.05; Sütunlar arasındaki farklılıklar önemlidir. öd, önemli değil. ± standart hata. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi. *kb*, kuru baz; *E*, ekstrakte; *H*, hidrolize; *B*, biyoalınabilirlik; *%B*, yüzde biyoalınabilirlik.

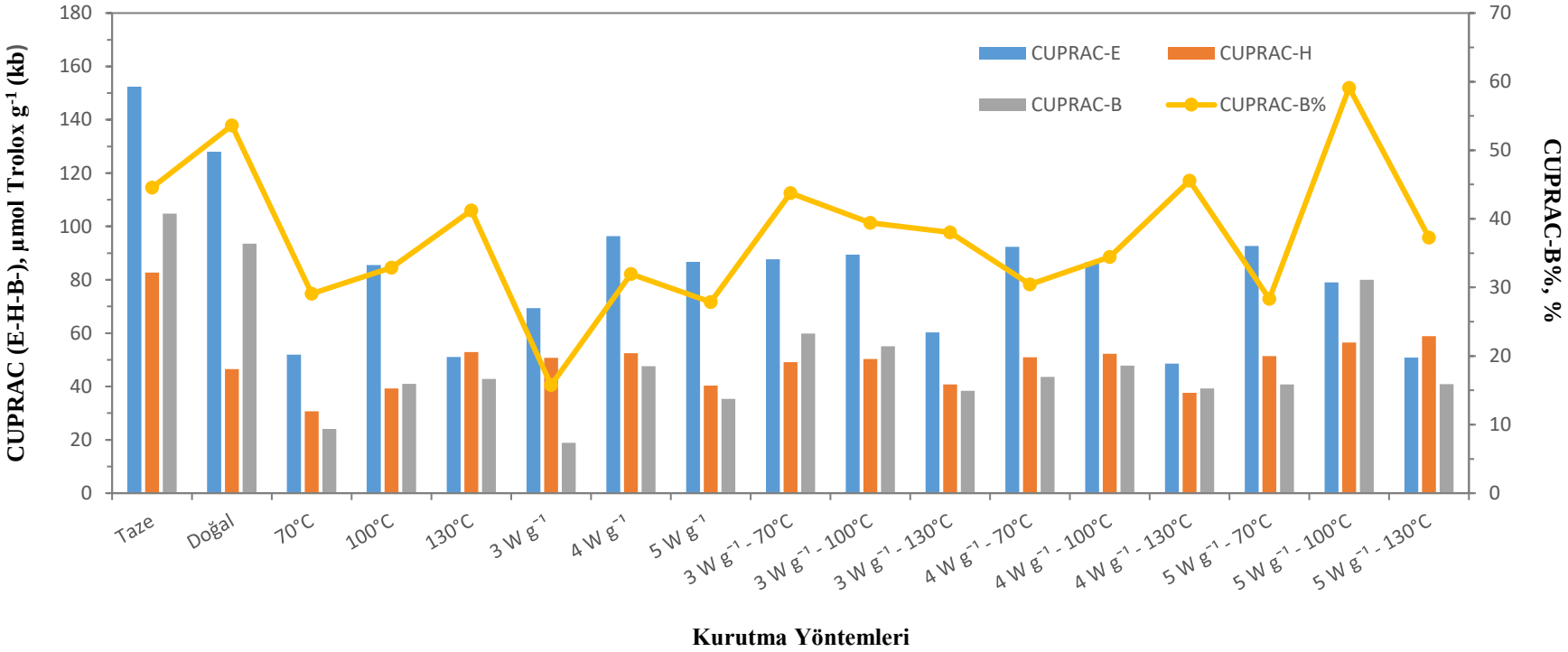
Çizelge 4.20. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının ABTS yöntemine göre antioksidan kapasitesi

Kurutma Yöntemi	Toplam Antioksidan Kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} (kb))			
	E	***H***	***B***	***%B***
KKE	**	**	*	**
70°C	51,46 ± 3,77^{a}	27,97 ± 1,99^{a}	26,83 ± 0,52^{b}	36,47 ± 3,55^{b}
100°C	57,35 ± 1,84^{a}	31,81 ± 1,73^{a}	28,29 ± 0,38^{a}	32,13 ± 1,03^{b}
130°C	26,94 ± 2,83^{b}	20,66 ± 1,75^{b}	26,24 ± 0,56^{b}	58,10 ± 4,01^{a}
MGE	öd	öd	öd	öd
3 W g^{-1}	50,70 ± 3,88	28,92 ± 2,84	27,67 ± 0,64	37,87 ± 3,48
4 W g^{-1}	53,67 ± 3,54	28,99 ± 2,06	28,42 ± 0,51	36,29 ± 2,76
5 W g^{-1}	53,27 ± 4,49	31,23 ± 1,40	26,85 ± 0,44	33,25 ± 2,24
KY	**	**	**	**
Taze	87,27 ± 0,87^{a}	45,05 ± 0,10^{a}	46,44 ± 0,28^{a}	35,09 ± 0,10^{f}
Doğal	70,95 ± 0,31^{b}	34,31 ± 0,57^{d}	27,58 ± 0,18^{d}	26,21 ± 0,06^{j}
70°C	33,85 ± 0,85^{k}	19,54 ± 0,82^{i}	29,63 ± 0,14^{b}	55,59 ± 1,57^{b}
100°C	50,14 ± 1,27^{i}	22,57 ± 0,99^{h}	27,42 ± 0,13^{d}	37,72 ± 0,25^{e}
130°C	11,74 ± 0,55^{m}	19,91 ± 0,80^{i}	24,93 ± 0,14^{h}	79,01 ± 3,40^{a}
3 W g^{-1}	54,48 ± 0,52^{g}	34,91 ± 0,71^{d}	29,96 ± 0,05^{b}	33,52 ± 0,43^{fg}
4 W g^{-1}	66,74 ± 0,49^{d}	36,66 ± 0,80^{c}	29,13 ± 0,21^{c}	28,17 ± 0,20^{ij}
5 W g^{-1}	62,07 ± 0,88^{f}	25,28 ± 0,63^{g}	29,19 ± 0,18^{c}	33,43 ± 0,30^{fg}
3 W g^{-1} - 70°C	54,59 ± 0,70^{g}	29,24 ± 0,67^{f}	26,79 ± 0,07^{e}	31,96 ± 0,34^{gh}
3 W g^{-1} - 100°C	64,17 ± 0,48^{e}	37,93 ± 0,26^{b}	29,24 ± 0,02^{c}	28,64 ± 0,15^{i}
3 W g^{-1} - 130°C	29,55 ± 0,86^{l}	13,61 ± 0,54^{j}	24,67 ± 0,44^{h}	57,34 ± 2,66^{b}
4 W g^{-1} - 70°C	48,75 ± 0,10^{i}	25,56 ± 0,64^{g}	25,61 ± 0,14^{g}	34,47 ± 0,51^{f}
4 W g^{-1} - 100°C	62,20 ± 0,47^{f}	34,08 ± 0,53^{d}	29,75 ± 0,11^{b}	30,90 ± 0,26^{h}
4 W g^{-1} - 130°C	36,99 ± 1,54^{j}	19,64 ± 0,45^{i}	29,21 ± 0,40^{c}	51,62 ± 0,81^{c}
5 W g^{-1} - 70°C	68,64 ± 0,69^{c}	37,56 ± 0,76^{bc}	25,31 ± 0,11^{g}	23,84 ± 0,36^{k}
5 W g^{-1} - 100°C	52,88 ± 1,10^{h}	32,64 ± 0,56^{e}	26,73 ± 0,18^{e}	31,26 ± 0,47^{h}
5 W g^{-1} - 130°C	29,46 ± 0,33^{l}	29,46 ± 1,24^{f}	26,16 ± 0,07^{f}	44,45 ± 0,96^{d}

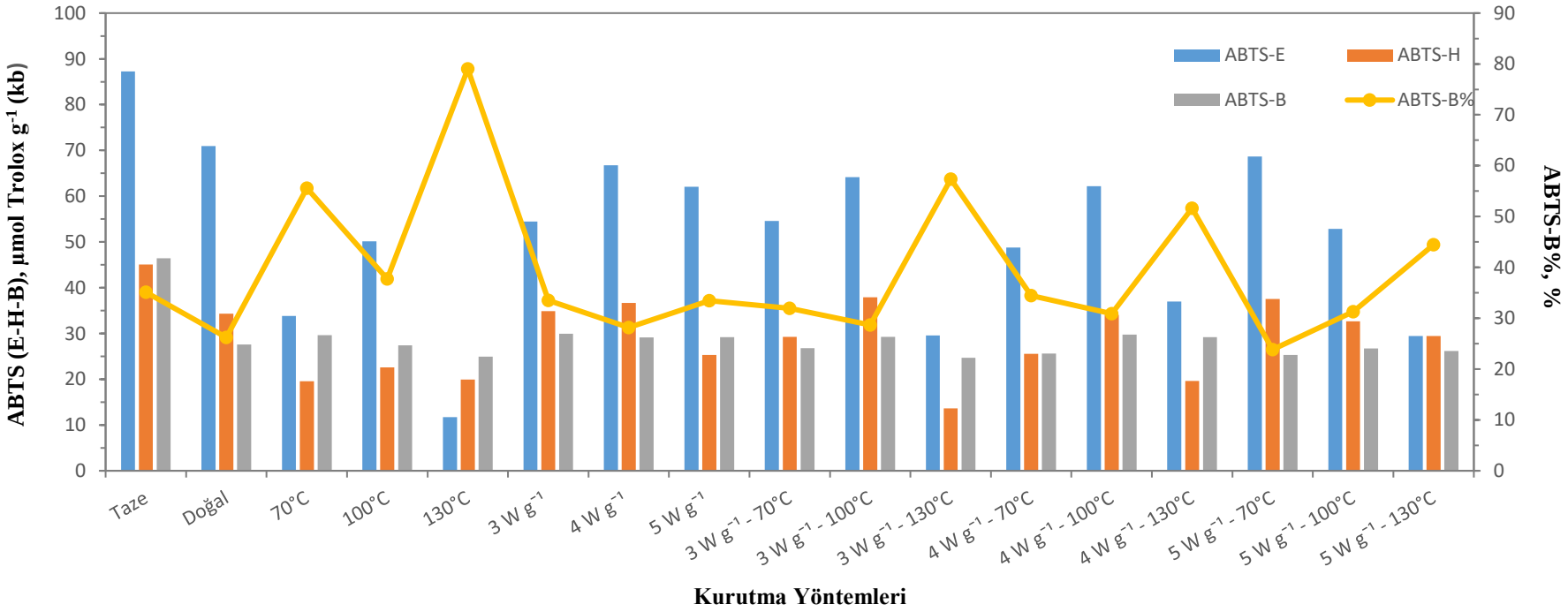
**P<0.01; *P<0.05; Sütunlar arasındaki farklılıklar önemlidir. öd, önemli değil. ± standart hata. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi. *kb*, kuru baz; *E*, ekstrakte; *H*, hidrolize; *B*, biyoalınabilirlik; *%B*, yüzde biyoalınabilirlik.



Şekil 4.35. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının antioksidan kapasitesinin DPPH yöntemine göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği



Şekil 4.36. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının antioksidan kapasitesinin CUPRAC yöntemine göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği



Şekil 4.37. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurmasının antioksidan kapasitesinin ABTS yöntemine göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir, biyoalınabilir örneklerdeki verileri ve yüzde biyoalınabilirliği

4.6.3. Toplam antosiyanin içeriği

Taze ve dört farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan Trabzon hurmasının toplam antosiyanin içerikleri Çizelge 4.21'de verilmiştir. Buna göre, taze örneklere en yakın toplam antosiyanin içeriği 4 W g^{-1}'de ölçülmüş olup, bunu 3 W g^{-1} – 130°C, 3 W g^{-1} – 100°C ve 100°C'da kurutma yöntemleri izlemiştir. Buna karşın, en düşük antosinanin kapasitesi ise 70°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan örneklerde tayin edilmiştir. Uzun kurutma süresiyle birlikte konvektif kurutma boyunca kurutucu bölmede etkili olan zoraki hava akımının üründe oluşan oksidasyonu artırması nedeniyle 70°C'de kaydedilen düşüşe neden olduğu varsayılmıştır. Buna karşın, en kısa kurutma süresinin kaydedildiği 5 W g^{-1} – 130°C, yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ve yüksek sıcaklığın ürüne aynı anda nüfus etmesi ve bu sebeple üründe meydana gelen yarık ve çatlaklardan pek çoğu ürünün bünyesindeki ayrılabilir su içeriğinin içinde eriyik halde bulunan bir pigment olan antosiyaninin kaybına neden olmuştur. Ayrıca, konvektif kurutma tekniğinin toplam antosiyanin içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmazken, mikrodalga kurutma yönteminin antosiyanin içeriği üzerinde %99 önem düzeyinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Marques vd. (2019) Trabzon hurmasının toplam antosiyanin içeriğini yaş baza göre 0,94 mg 100 g^{-1} olarak saptamıştır. Direito vd. (2021) Trabzon hurmasının proantosiyanin değerini yaş baza göre 540,20 mg 100 g^{-1} olarak tayin etmiştir.

Zia ve Alibas (2021b) yaban mersini üzerinde yaptıkları çalışmada en yüksek antosityanin içeriğine 6 W g^{-1}, 2 W g^{-1} – 50°C ve 2 W g^{-1} – 90°C'de kurutulan ürünlerde ulaşılmışken, en düşük sonuçları ise 50 ve 70°C'de kurutulan numunelerde belirlemiştir. Zia ve Alibas (2021a) yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ve yüksek sıcaklığın kullanıldığı kombine kurutma yönteminin, toplam antosiyanin üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu vurgulamıştır. Si vd. (2016) en düşük antosiyanin içeriğini 70°C'de kurutulan ahududu örneklerinde ölçmüştür. Benzer şekilde, Nemzer vd. (2018) yaban mersini, vişne, çilek ve kızılcığı 70°C'de konvektif ve -20°C ve 0.5 mHg'de dondurarak kurutmuş ve konvektif kurutmanın antosiyanin içeriğinin önemli ölçüde azalttığını belirtmiştir. Chen vd. (2017) konvektif, dondurarak, sıcak hava-puf ve dondurarak-puf

kurutma yöntemleriyle kurutulan siyah dutun antosiyanin içeriğinin, konvektif kurutma yönteminde önemli ölçüde azaldığını vurgulamıştır. Yaban mersininin 60 ve 90°C'de konvektif, 1,3 W g^{-1}'da mikrodalga ve kombine konvektif-mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulduğu bir çalışmada Zielinska ve Michalska (2016), en yüksek antosiyanin içeriğinin 1,3 W g^{-1} ve 90°C'de kombine kurutma yöntemlerinde ölçüldüğünü belirtmiştir. Buna karşın, çalışmada en düşük sonuçlar ise 90°C'de kaydedilmiştir. Aronya meyvesinin dondurarak, konvektif, mikrodalga, vakum ve kombine konvektif-vakum-mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulduğu bir çalışmada Samoticha vd. (2016), en yüksek antosiyanin içeriğinin sırasıyla dondurarak ve kombine kurutma yönteminde elde edildiğini, buna karşın en düşük sonuçların ise konvektif kurutma yönteminde belirlendiğini vurgulamıştır. Nar tanelerini ezerek 50, 60 ve 70°C'de konvektif, 1,8 ve 9,0 W g^{-1}'de mikrodalga ve mikrodalga güç yoğunluğu ve sıcaklıkların birlikte kullanıldığı kombine konvektif-mikrodalga kurutma yöntemlerini kullanarak pestil elde ettiği bir çalışmada Tontul ve Topuz (2017), en düşük antosiyanin içeriğinin 70°C'de ölçüldüğünü bildirmiştir.

4.7. Vitamin Profili

4.7.1. Suda çözünen vitaminler

Taze ve farklı yöntemlerle kurutulmuş örneklerin C vitamini (L-askorbik asit), tiamin (B1 vitamini), niasin (B3 vitamini), pridoksin (B6 vitamini) ve folik asit (B9 vitamini) içerikleri Çizelge 4.22'te verilmiştir. Buna göre, taze ürüne en yakın C vitamini içeriği 3 W g^{-1}'de kurutulan örneklerde ölçülürken, en düşük sonuç ise sırasıyla 70°C ve 5 W g^{-1} – 130 °C'de tespit edilmiştir. Bu bakımdan, 3 W g^{-1}'de kurutulan örneklerin C vitamini içeriği, 70°C'de ölçülenlerden 2,80 kat yüksektir. Uzun kurutma süresinin yanında zoraki hava akımın da etkin olduğu 70°C'de, ürünün oksijenle temasını hızlandırmış ve ürünler yüksek oranda okside olmuştur. Ayrıca, uzun kurutma süresi boyunca etkili olan bu zoraki hava akımı, ürünün dış katmanında mikro çatlaklara neden olmuş, bu da suda çözünen bir vitamin olan C vitamininin bu çatlaklardan süzülen özsu içinde üründen uzaklaşmasıyla sonuçlanmıştır. En kısa kurutma süresinin gözlemlenmesine karşın 5 W g^{-1} – 130°C'de en yüksek kurutma sıcaklığı ve en yüksek mikrodalga güç yoğunluğunun

birlikte kullanımı, üründe mikro yanıklara sebebiyet vermiş ve bu da suda çözünen bir vitamin olan C vitaminin yüksek oranda kaybı ile sonuçlanmıştır. Çalışmada, mikrodalga kurutma yönteminin C vitamini üzerinde %99 önem düzeyinde anlamlı bir etkisi saptanırken, konvektif kurutma yönteminin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi kaydedilmemiştir. Ayrıca, uygulanan mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla C vitaminin azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.21. Taze ve kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin toplam antosiyanin içeriği

Kurutma Yöntemi	**Toplam Antosiyanin İçeriği (mg (CDE) 100 g^{-1} (kb))**
KKE	öd
70°C	14,57 ± 1,32
100°C	21,23 ± 2,57
130°C	19,47 ± 2,26
MGE	**
3 W g^{-1}	24,24 ± 1,82[a]
4 W g^{-1}	26,54 ± 4,63[a]
5 W g^{-1}	10,82 ± 0,27[b]
KY	**
Taze	57,90 ± 1,30[a]
Doğal	18,70 ± 0,93[de]
70°C	9,04 ± 0,22[i]
100°C	29,73 ± 1,06[c]
130°C	18,63 ± 0,89[de]
3 W g^{-1}	19,52 ± 0,78[d]
4 W g^{-1}	52,83 ± 1,45[b]
5 W g^{-1}	10,41 ± 0,45[ghi]
3 W g^{-1} - 70°C	17,48 ± 0,78[e]
3 W g^{-1} - 100°C	29,30 ± 1,47[c]
3 W g^{-1} - 130°C	30,68 ± 1,53[c]
4 W g^{-1} - 70°C	19,82 ± 0,98[d]
4 W g^{-1} - 100°C	14,89 ± 0,52[f]
4 W g^{-1} - 130°C	18,64 ± 0,46[de]
5 W g^{-1} - 70°C	11,93 ± 0,14[g]
5 W g^{-1} - 100°C	10,99 ± 0,40[gh]
5 W g^{-1} - 130°C	9,95 ± 0,36[hi]

** P<0.01; Sütunlar arası farklılıklar önemlidir. öd; önemli değil. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi. ±SH.

Taze örneklerin ardından en yüksek tiaminin (B1 vitamini) içeriği doğal kurutma yöntemiyle kurutulmuş numunelerde ölçülmüş olup, bunu sırasıyla 70 ve 100°C konvektif kurutma yöntemleri izlemiştir. Buna karşın, en düşük sonuçlar ise 3 W g^{-1} – 130°C'de kombine kurutma yönteminde tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri içinde en yüksek sonuçların elde edildiği doğal kurutmadaki tiamin içeriğinin, en düşük sonuçların saptandığı 3 W g^{-1} 130°C'den 7,08 kat yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşın, taze ürünün tiamin içeriğinin, doğal kurutulmuş örneklerden yalnızca 1.09 kat yüksek olması oldukça dikkat çekicidir.

Taze ürüne en yakın niasin (B3 vitamini) içeriği 130°C'de kurutulan numunelerde tespit edilirken, en düşük sonuç ise 3 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma yönteminde belirlenmiştir. Çalışmada uygulanan en yüksek sıcaklık olan 130°C'deki niasin kaybı, taze örneklere kıyasla sadece %5,44 iken, 3 W g^{-1}'de meydana gelen niasin kaybının %99,91 düzeyinde olduğu saptanmıştır. Çalışmada kullanılan en düşük mikrodalga gücü olmasına karşın, kurutmanın diğer mikrodalga kurutma denemelerine kıyasla daha uzun sürmesi ve bu süre zarfında düşük de olsa ürünün mikrodalga enerjisine daha uzun süre maruz kalması, 3 W g^{-1}'de meydana gelen niasin kaybının temel nedeni olarak görülmüştür. Ayrıca, mikrodalga ve konvektif kurutma yöntemlerinin niasin üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Taze örneklere en yakın piridoksin (B6 vitamini) içeriği, 3 ve 4 W g^{-1}'de kurutulan örneklerde ölçülmesine karşın, en düşük sonuç ise 5 W g^{-1} – 130°C'de kaydedilmiştir. Taze ürün ile karşılaştırıldığında, piridoksin içeriğinin en yüksek düzeyde korunduğu kurutma yöntemleri olan 3 ve 4 W g^{-1}'de kaydedilen kayıplar sırasıyla %9,41 ve %12,23 iken, en düşük sonucun elde edildiği 5 W g^{-1} – 130°C'deki kayıp oranının ise %52,71 olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan en yüksek sıcaklık ve en yüksek mikrodalga güç yoğunluğunun birlikte kullanılması ile kuruma sırasında üründe lokal yanıkların meydana gelmesi, 5 W g^{-1} – 130°C'deki dramatik kayıpların başlıca sebebi olarak görülmüştür. Çalışmada ayrıca, mikrodalga ve konvektif kurutma yöntemlerinin piridoksin içeriği üzerinde %99 önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, hem mikrodalga kurutmada uygulanan mikrodalga güç yoğunluğunun artması

ile hem de konvektif kurutma sıcaklığının artması ile pridoksin içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir.

Folik asit (B9 vitamini) içeriği bakımından taze ürünün ardından en yüksek sonuçlar 100°C'de elde edilmiş olup, bunu 70°C ve 5 W g^{-1} izlemiştir. En düşük folik asit içerikleri ise 5 W g^{-1} – 130°C, 4 W g^{-1} – 130°C ve 3 W g^{-1} – 130'de tespit edilmiştir. Ürünün sadece mikrodalga enerjisine maruz kalması değil, aynı zamanda yüksek sıcaklıktan da olumsuz etkilenmesi, çalışmada uygulanan en yüksek sıcaklık olan 130°C ile tüm mikrodalga güç yoğunluklarının birlikte kullanıldığı kombine kurutma çalışmalarında, folik asit kayıplarının başlıca nedeni olarak görülmüştür. Bununla birlikte, konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin folik asit içeriği üzerinde %99 önem seviyesinde etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca, mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla folik asit içeriğinin de arttığı gözlemlenmiştir.

Spirulina çeşidi mikroalglerin doğal, konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleri ile kurutulduğu bir çalışmada Nouri vd. (2018), mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla tiamin (B1 vitamini) içeriğinin de arttığını ve en yüksek piridoksin (B6) içeriğinin mikrodalga kurutma yönteminde elde edildiğini vurgulanmıştır. Çalışmada saptanan sonuçlar bu tezdeki ilgili sonuçlarla örtüşmektedir. Sarkar vd. (2020) konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulan ananas dilimlerinin en yüksek C vitamini içeriğini mikrodalga kurutma yönteminde saptamış, buna karşın en yüksek niasin içeriğinin ise konvektif kurutma yönteminde elde edildiğini bildirmiştir. Alibas vd. (2021) fesleğen yapraklarının piridoksin içeriğinin doğal ve konvektif kurutma yöntemlerine göre mikrodalga kurutma yönteminde daha yüksek olduğunu vurgulamıştır. Sarkar vd. (2022) mango kabuklarının C vitamini ve folik asit (B9 vitamini) içeriğinin konvektif kurutma yöntemine kıyasla mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulan numunelerde daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bu tezde elde edilen bulgunun tersine, Tepe ve Ekinci (2021) konvektif kurutma yönteminin hünnap meyvesinin tiamin içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğunu ve konvektif kurutma sıcaklığının artmasıyla tiamin içeriğinin azaldığını saptamıştır. Pinar vd. (2021) mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulmuş Bozok çeşidi kırmızı

biberlerdeki askorbik asit içeriğinin konvektif kurutma yöntemine göre daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Çizelge 4.22. Farklı yöntemlerle kurutulan Trabzon hurmasının suda çözünen vitaminleri

	C Vitamini (mg kg^{-1}(kb))	Tiamin (mg k^{-1}(kb))	Niasin (mg kg^{-1}(kb))	Piridoksin (mg kg^{-1}(kb))	Folik Asit (mg kg^{-1}(kb))
KKE	öd	öd	öd	**	**
70°C	693,29 ± 64,76	0,79 ± 0,10	15,57 ± 0,82	$7,00 \pm 0,12^{a}$	$1,33 \pm 0,03^{a}$
100°C	696,26 ± 45,20	0,66 ± 0,06	15,28 ± 0,79	$6,42 \pm 0,15^{b}$	$1,24 \pm 0,04^{a}$
130°C	630,69 ± 42,06	0,56 ± 0,04	16,93 ± 0,97	$6,27 \pm 0,17^{b}$	$1,09 \pm 0,05^{b}$
MGE	**	**	öd	**	**
3 W g^{-1}	$954,88 \pm 32,68^{a}$	$0,42 \pm 0,01^{c}$	13,43 ± 0,58	$7,37 \pm 0,12^{a}$	$1,10 \pm 0,02^{b}$
4 W g^{-1}	$730,47 \pm 26,97^{b}$	$0,53 \pm 0,01^{b}$	15,03 ± 0,13	$6,92 \pm 0,17^{a}$	$1,17 \pm 0,05^{b}$
5 W g^{-1}	$530,64 \pm 13,41^{c}$	$0,79 \pm 0,02^{a}$	14,92 ± 0,73	$6,34 \pm 0,21^{b}$	$1,29 \pm 0,05^{a}$
KY	**	**	**	**	**
Taze	$1204,57 \pm 20,66^{a}$	$2,80 \pm 0,09^{a}$	$22,69 \pm 0,21^{a}$	$8,72 \pm 0,03^{a}$	$1,59 \pm 0,05^{a}$
Doğal	$637,79 \pm 15,58^{h}$	$2,55 \pm 0,09^{b}$	$15,84 \pm 0,19^{f}$	$6,00 \pm 0,21^{gh}$	$1,17 \pm 0,03^{f}$
70°C	$402,47 \pm 11,91^{l}$	$1,31 \pm 0,01^{c}$	$19,23 \pm 0,27^{c}$	$7,23 \pm 0,11^{cd}$	$1,43 \pm 0,05^{bc}$
100°C	$581,09 \pm 5,24^{i}$	$0,89 \pm 0,03^{d}$	$19,56 \pm 0,08^{c}$	$6,22 \pm 0,14^{fg}$	$1,44 \pm 0,05^{b}$
130°C	$584,68 \pm 16,44^{i}$	$0,70 \pm 0,02^{g}$	$21,52 \pm 0,28^{b}$	$5,91 \pm 0,15^{hi}$	$1,34 \pm 0,02^{de}$
3 W g^{-1}	$1127,70 \pm 11,78^{b}$	$0,46 \pm 0,02^{ij}$	$11,35 \pm 0,19^{j}$	$7,97 \pm 0,05^{b}$	$1,07 \pm 0,02^{ghi}$
4 W g^{-1}	$682,18 \pm 21,85^{g}$	$0,51 \pm 0,01^{hi}$	$15,01 \pm 0,32^{g}$	$7,77 \pm 0,14^{b}$	$1,34 \pm 0,02^{de}$
5 W g^{-1}	$541,37 \pm 18,93^{j}$	$0,88 \pm 0,02^{de}$	$16,40 \pm 0,20^{e}$	$7,36 \pm 0,19^{c}$	$1,43 \pm 0,01^{bc}$
3 W g^{-1} - 70°C	$955,71 \pm 14,82^{c}$	$0,46 \pm 0,01^{ij}$	$16,45 \pm 0,21^{e}$	$7,35 \pm 0,13^{c}$	$1,19 \pm 0,01^{f}$
3 W g^{-1} - 100°C	$884,55 \pm 19,87^{d}$	$0,40 \pm 0,01^{jk}$	$12,94 \pm 0,45^{i}$	$7,12 \pm 0,07^{cd}$	$1,10 \pm 0,01^{gh}$
3 W g^{-1} - 130°C	$851,57 \pm 1,68^{e}$	$0,36 \pm 0,01^{k}$	$12,99 \pm 0,48^{i}$	$7,04 \pm 0,08^{d}$	$1,06 \pm 0,02^{hi}$
4 W g^{-1} - 70°C	$829,00 \pm 14,41^{e}$	$0,56 \pm 0,02^{h}$	$14,78 \pm 0,08^{g}$	$7,02 \pm 0,12^{d}$	$1,32 \pm 0,05^{e}$
4 W g^{-1} - 100°C	$795,37 \pm 16,58^{f}$	$0,55 \pm 0,01^{h}$	$15,05 \pm 0,37^{g}$	$6,47 \pm 0,15^{e}$	$1,11 \pm 0,03^{g}$
4 W g^{-1} - 130°C	$615,33 \pm 17,13^{h}$	$0,50 \pm 0,01^{hi}$	$15,31 \pm 0,24^{fg}$	$6,42 \pm 0,15^{ef}$	$0,92 \pm 0,01^{j}$
5 W g^{-1} - 70°C	$585,98 \pm 2,98^{i}$	$0,82 \pm 0,01^{ef}$	$11,82 \pm 0,28^{j}$	$6,41 \pm 0,15^{ef}$	$1,39 \pm 0,02^{cd}$
5 W g^{-1} - 100°C	$524,03 \pm 12,28^{j}$	$0,79 \pm 0,02^{f}$	$13,58 \pm 0,12^{h}$	$5,87 \pm 0,15^{hi}$	$1,31 \pm 0,02^{e}$
5 W g^{-1} - 130°C	$471,18 \pm 7,86^{k}$	$0,68 \pm 0,01^{g}$	$17,89 \pm 0,62^{d}$	$5,71 \pm 0,20^{i}$	$1,05 \pm 0,02^{i}$

**P<0.01, *öd*, önemli değil, *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi; ±SH.

4.7.2. Yağda çözünen vitaminler

Taze ve dört farklı yöntemle kurutulmuş Trabzon hurması örneklerinin likopen, beta karoten ve E vitamini (tokoferol) içerikleri Çizelge 4.23'te verilmiştir. Taze ürüne en yakın likopen sonuçları 4 W g^{-1} - 70°C kombine kurutma yönteminde elde edilirken, en düşük sonuçlar ise en uzun kurutma yöntemleri olan 70°C konvektif ve doğal kurutma yöntemlerinde ölçülmüştür. Likopen içeriği açısından elde edilen en yüksek ve en düşük sonuçlar arasında 1,80 kat fark bulunmuştur. Doğal kurutma yönteminde ürünün yaklaşık 4,5 gün boyunca hava ile teması ve 70°C'de nispeten uzun kurutma süresi boyunca ürünün konvektif kurutma prosesindeki zoraki hava akımından etkilenmesi, her iki kurutma yönteminde de ürünün dış yüzeyinin iç katmanlara göre daha önce kurumasına ve nedenle de dış yüzeyde mikro çatlakların meydana gelmesine sebebiyet vermiştir. Yağda çözünen kırmızı renk pigmenti olan likopenin özsu ile birlikte bu mikro çatlaklardan sızması ile her iki kurutma yönteminde de dramatik kayıplar meydana gelmiştir.

Tazeye en yakın beta karoten içeriği 5 W g^{-1} – 70°C'de kurutulan örneklerde kaydedilirken, en düşük sonuçlar sırasıyla 70°C'de konvektif ve doğal kurutma yöntemlerinde elde edilmiştir. Tıpkı likopende olduğu gibi, yağda çözünen turuncu renk pigmenti olan beta karotenin, ürünün dış katmanında meydana gelen mikro çatlaklardan özsu ile birlikte ürünün dışına sızması, en uzun kurutma sürelerine sahip yöntemlerde en düşük beta karoten içeriğinin saptanmasının temel nedeni olarak görülmüştür.

Taze ürünün ardından en yüksek E vitamini sonuçları 130°C'de konvektif ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yöntemleriyle kurutulan örneklerde tespit edilmiş olup, en düşük sonuçlar ise 5 W g^{-1} – 130°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de kurutulan örneklerde ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan en yüksek sıcaklık olan 130°C'nin yine çalışmadaki en yüksek mikrodalga güç yoğunlukları olan 5 ve 4 W g^{-1}'le birlikte kullanılması, üründe lokal yanıklara ve çatlamalara sebebiyet vermiş, bu nedenle de E vitamininde tazeye oranla büyük ölçüde azalma kaydedilmiştir. Buna göre, 5 W g^{-1} – 130°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de kaydedilen E vitamini içeriği, taze ürüne kıyasla %57 oranında azalmıştır.

Çizelge 4.23. Farklı yöntemlerle kurutulan Trabzon hurmasının yağda çözünen vitaminleri

	Likopen (mg kg^{-1}(kb))	**Beta Karoten (mg kg^{-1}(kb))**	**E Vitamini (mg kg^{-1}(kb))**
KKE	öd	öd	öd
70°C	4,53 ± 0,30	34,28 ± 2,88	4,44 ± 0,09
100°C	4,62 ± 0,15	33,81 ± 0,90	4,29 ± 0,04
130°C	4,64 ± 0,15	30,06 ± 1,22	4,22 ± 0,21
MGE	öd	öd	öd
3 W g^{-1}	4,52 ± 0,17	33,77 ± 0,65	4,52 ± 0,07
4 W g^{-1}	5,02 ± 0,19	35,79 ± 1,80	4,17 ± 0,13
5 W g^{-1}	4,74 ± 0,07	36,77 ± 2,42	4,41 ± 0,17
KY	**	**	**
Taze	5,47 ± 0,13^{a}	50,17 ± 0,62^{a}	5,56 ± 0,25^{a}
Doğal	3,33 ± 0,05^{h}	23,71 ± 0,17^{h}	4,91 ± 0,10^{bc}
70°C	3,22 ± 0,05^{h}	20,71 ± 0,18^{i}	4,16 ± 0,02^{de}
100°C	4,03 ± 0,07^{g}	32,66 ± 0,20^{f}	4,38 ± 0,03^{d}
130°C	4,10 ± 0,02^{g}	32,65 ± 0,53^{f}	4,99 ± 0,09^{b}
3 W g^{-1}	3,96 ± 0,05^{g}	36,14 ± 0,97^{e}	4,65 ± 0,09^{c}
4 W g^{-1}	4,35 ± 0,03^{f}	40,98 ± 0,17^{c}	4,66 ± 0,05^{c}
5 W g^{-1}	4,99 ± 0,03^{d}	41,65 ± 0,18^{c}	4,85 ± 0,11^{bc}
3 W g^{-1} - 70°C	4,14 ± 0,06^{g}	31,72 ± 0,26^{f}	4,28 ± 0,06^{de}
3 W g^{-1} - 100°C	4,59 ± 0,02^{e}	31,99 ± 0,52^{f}	4,36 ± 0,05^{de}
3 W g^{-1} - 130°C	5,40 ± 0,10^{c}	35,22 ± 0,63^{e}	4,80 ± 0,08^{bc}
4 W g^{-1} - 70°C	5,86 ± 0,08^{b}	37,62 ± 0,26^{d}	4,39 ± 0,06^{d}
4 W g^{-1} - 100°C	5,36 ± 0,04^{c}	38,86 ± 0,16^{d}	4,11 ± 0,02^{e}
4 W g^{-1} - 130°C	4,52 ± 0,05^{ef}	25,71 ± 0,41^{g}	3,54 ± 0,03^{f}
5 W g^{-1} - 70°C	4,91 ± 0,08^{d}	47,05 ± 0,60^{b}	4,93 ± 0,11^{b}
5 W g^{-1} - 100°C	4,52 ± 0,10^{ef}	31,72 ± 0,36^{f}	4,34 ± 0,05^{de}
5 W g^{-1} - 130°C	4,53 ± 0,07^{ef}	26,66 ± 0,42^{g}	3,54 ± 0,06^{f}

**P<0.01, öd, önemli değil, Sütunlar arası farklılıklar önemlidir. *KKE*, konvektif kurutmanın etkisi; *MGE*, mikrodalga gücünün etkisi; *KY*, kurutma yöntemi; ±SH.

Kuşburnunun konvektif, vakum, dondurak ve ultrason destekli vakum kurutma yöntemleriyle kurutulduğu bir çalışmada Goztepe vd. (2022), en düşük likopen ve beta karoten içeriğinin konvektif kurutmada elde edildiğini bildirmiştir. Ihns vd. (2011) 60, 80 ve 100°C'de kurutulan kayısı dilimleri için en yüksek beta karoten kaybının en düşük kurutma sıcaklığında kaydedildiğini vurgulamıştır. Alibaş vd. (2021) doğal,

konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleri ile fesleğen yapraklarını kurutmuş ve en düşük beta karoten içeriğinin konvektif kurutma yönteminde elde edildiğini, buna karşın en yüksek sonuçlara ise mikrodalga kurutma yönteminde ulaştığını vurgulamıştır. Şeftali dilimlerinin 40 ve 60°C'de konvektif, 0,67 W g^{-1}'de mikrodalga ve 0,67 W g^{-1} – 40°C'de kombine kurutma yöntemleri ile kurutulduğu bir çalışmada García-Martínez vd. (2013), en yüksek E vitamini içeriğinin kombine mikrodalga-konvektif kurutma yönteminde elde edildiğini belirtmiştir.

4.8. Kalite Parametreleri Arasındaki Doğrusal Korelasyonlar

Taze ve dört farklı yöntemle kurutulan Trabzon hurması dilimlerinin kalite parametreleri arasındaki negatif ve pozitif yönlü doğrusal korelasyonlar Çizelge 4.24'te sunulmuştur. Buna göre, kromanın kırmızılık ve sarılık ile sırasıyla %82,02 ve %97,37 oranında pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu görülmüştür. Öte yandan, toplam renk değişiminin ise parlaklık, sarılık ve kromayla sırasıyla %82,90, %81,84 ve %85,30 düzeyinde negatif yönlü ilişkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, beyazlaşma indeksinin, esmerleşme indeksiyle %94,58 düzeyinde negatif yönlü ilişkisinin olduğu saptanmıştır.

Toplam protein içeriği ile fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, mangan ve çinko arasında sırasıyla %77,55, %76,28, %94,41, %86,59, %93,43, %90,39, %80,77 ve %84,96 düzeyinde pozitif yönlü korelasyonlar tespit edilirken, fosfor içeriği ile potasyum ve sodyum arasında ise sırasıyla %78,39 ve %84,93 düzeyinde pozitif yönlü ilişkiler görülmüştür. Kalsiyum ile magnezyum, demir, bakır, mangan ve çinko arasında sırasıyla %87,88, 93,36, 88,71, 77,58 ve 84,44 düzeyinde pozitif yönlü korelasyonların olduğu gözlemlenirken, magnezyum içeriği ile demir, bakır, mangan ve çinko arasında ise sırasıyla %92,60, 84,36, 84,17 ve 77,12 oranında pozitif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir. Benzer şekilde, demir içeriği ile bakır, mangan ve çinko arasında sırasıyla %91,26, 85,21 ve 88,95 oranında güçlü pozitif yönlü ilişkilerin olduğu saptanmıştır. Ayrıca, bakır içeriğinin, sadece çinko ile %84,60 düzeyinde pozitif yönlü ilişkisinin olduğu görülmüştür.

Biyoalınabilir toplam fenolik içeriğin yüzde biyoalınabilirlik ile %89,76 oranında pozitif yönlü korelasyonu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, DPPH yöntemine göre biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesinin protein, kalsiyum, demir, bakır ve çinko ile sırasıyla %77,89, 80,12, 81,53, 79,19 ve 89,32 düzeyinde pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu görülmüştür. Ayrıca, DPPH metoduna göre biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi ile yine DPPH'e göre yüzde biyoalınabilirlik arasında %81,82 oranında güçlü bir pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

CUPRAC'a göre ekstrakte edilebilir antioksidan aktivitesi ile çinko ve ekstrakte edilebilir toplam fenolik bileşenler arasında sırasıyla %78,76 ve 79,84 değeri ile pozitif yönlü ilişkiler saptanırken, yine CUPRAC metoduna göre hidrolize edilebilir antioksidan kapasitesi ile hidrolize edilebilir toplam fenolik bileşenler arasında %87,59 oranında pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, CUPRAC'a göre biyoalınabilir antioksidan kapasitesi ile ekstrakte edilebilir toplam fenolik bileşenler ve yine CUPRAC'a göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi arasında sırasıyla %82,64 ve 76,94 oranında pozitif ilişkiler saptanmıştır. CUPRAC'a göre yüzde biyoalınabilirlik değerinin yine CUPRAC metoduna göre biyoalınabilir antioksidan kapasitesi ile %76,57 oranında orta düzeyli pozitif yönlü bir ilişkisinin olduğu görülmüştür.

Ekstrakte edilebilir fenollerin ABTS'ye göre antioksidan kapasitesi ile hidrolize edilebilir fenollerin DPPH'e göre antioksidan kapasitesi ve ekstrakte edilebilir fenollerin CUPRAC'a göre antioksidan kapasitesi arasında sırasıyla %76,03 ve 87,76 oranında pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, hidrolize edilebilir fenollerin ABTS'ye göre antioksidan kapasitesi ile hidrolize edilebilir fenollerin DPPH'e göre antioksidan kapasiyesi ve ekstrakte edilebilir fenollerin ABTS'ye göre antioksidan kapasitesi arasında sırasıyla %81,29 ve 82,16 oranında pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu görülmüştür. Ayrıca, biyoalınabilir fenollerin ABTS yöntemine göre antioksidan aktivitesi ile protein, kalsiyum, demir, bakır ve çinko arasında sırasıyla %77,70, 79,22, 84,22, 79,12 ve 86,86 düzeyinde pozitif yönlü anlamlı ilişkileri saptanırken, biyoalınabilir fenollerin ABTS yöntemine göre antioksidan aktivitesi ile ekstrakte edilebilir fenoller DPPH'e göre antioksidan

kapasitesi ve biyoalınabilir fenollerin DPPH'e göre antioksidan kapasitesi arasında ise sırasıyla %78,55 ve 93,86 oranında pozitif yönlü korelasyonlar tespit edilmiştir. ABTS yöntemine göre yüzde biyoalınabilirlik ile yine aynı metoda göre ekstrakte edilebilir fenollerin antioksidan kapasitesi arasında %85,59 oranında negatif yönlü güçlü bir ilişki saptanmıştır.

Beta karoten içeriği ile fosfor arasında % 76,03 oranında orta düzeyli pozitif yönlü bir ilişki tespit edilirken, tiamin içeriği ile DPPH'e göre biyoalınabilir antioksidan kapasitesi arasında %75,62 değerinde pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, pridoksin içeriğinin sodyum ile %75,09 düzeyinde pozitif yönlü korelasyonunun olduğu tespit edilmiştir.

Alibas vd. (2020) elma kabuklarını farklı yöntemlerle kuruttukları bir çalışmada, renk ve besin elementlerinin birbirleriyle olan doğrusal ilişkilerini incelemiş ve fosforun potasyum ve kalsiyum ile pozitif yönlü ilişkilerinin olduğunu saptamıştır. Bununla birlikte, çalışmada kroma ile sarılık arasında yüksek düzeyde pozitif bir korelasyon olduğu vurgulanmıştır. Reyhan yapraklarını farklı yöntemlerle kuruttukları bir çalışmada Yilmaz ve Alibas (2021), protein içeriğinin çalışmada incelenen tüm makro ve mikro besin elementleriyle güçlü pozitif yönlü doğrusal ilişkilere sahip olduğu belirtmiş olup, ayrıca fosfor içeriği ile potasyum ve sodyum arasında kuvvetli pozitif korelasyonlarının bulunduğunu vurgulamıştır. Çalışmada, kalsiyum içeriği ile magnezyum, bakır ve mangan arasında yüksek düzeyde pozitif ilişkiler saptanırken, kroma değerinin de sarılık ile pozitif yönde yüksek düzeyli bir ilişkisi olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, toplam renk değişimi ile parlaklık arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen söz konusu ilişkiler ile bu tezde elde edilen korelasyonların paralel olduğu görülmüştür. Trabzon hurmasının konvektif kurutma yöntemleriyle kurutulduğu bir çalışmada Lim vd. (2022), ekstrakte edilebilir fonolik bileşenler ile DPPH'e göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi arasında kuvvetli pozitif yönlü bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. Farklı yöntemlerle kurutulan fesleğen yapraklarının kalite parametrelerini araştırıldığı bir çalışmada Alibas vd. (2021), toplam protein içeriğinin fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, çinko ve mangan ile güçlü pozitif ilişkilerinin olduğunu, bunun yanı sıra kroma ile sarılık

arasında da yüksek düzeyde pozitif yönlü bir korelasyonun olduğunu vurgulamıştır. Yilmaz vd. (2021) toplam renk değişimi ile parlaklık, sarılık ve kroma arasında güçlü negatif korelasyonlarının olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, çalışmada kroma ile sarılık arasında yüksek düzeyde pozitif doğrusal bir ilişkisinin olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, tüm besin elementlerinin birbiriyle anlamlı pozitif ilişkilerinin olduğu görülmüştür. Zia ve Alibas (2021b) ekstrakte edilebilir toplam fenolik bileşenler ile CUPRAC'a göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi arasında yüksek oranda pozitif yönlü bir ilişki olduğunu saptamıştır. Ayrıca çalışmada, ABTS metoduna göre ekstrakte edilebilir antioksidan düzeyi ile CUPRAC'a göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi arasında pozitif doğrusal bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kroma ile kırmızılık arasında da güçlü pozitif bir ilişkisinin olduğu vurgulanmıştır. Galani vd. (2017) ekstrakte edilebilir toplam fenolik içerik ile DPPH'e göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi kapasitesi arasında güçlü pozitif yönlü bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Zia ve Alibas (2021) kroma ile kırmızılık ve sarılık arasında pozitif yönlü güçlü korelasyonların olduğunu belirlemiştir. Ayrıca çalışmada, ABTS'ye göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi ile ABTS'te göre hidrolize edilebilir antioksidan kapasitesi ve CUPRAC'a göre ekstrakte edilebilir antioksidan kapasitesi arasında güçlü pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, aynı çalışmada, ekstrakte edilebilir fenollerin CUPRAC'a göre antioksidan kapasitesini ile ekstrakte edilebilir toplam fenolik bileşenler arasında da pozitif yönlü anlamlı bir ilişkisinin olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4.24. Farklı yöntemlerle kurutulmuş Trabzon hurmasının analiz edilen kalite parametreleri arasındaki doğrusal ilişkiler

L°	*a°*	*b°*	*C*	*α°*	*ΔE*	*Eİ*	*Bİ*	*TP*	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*	*Na*	*Fe*	*Cu*	*Mn*	*Zn*	*F-E*	*F-H*	*F-B*	*F-%B*	*D-E*	*D-H*	*D-B*	*D-%B*	*C-E*	*C-H*	*C-B*	*C-%B*	*A-E*	*A-H*	*A-B*	*A-%B*	*TAİ*	*LK*	*BK*	*E Vit*	*C Vit*	*B1*	*B3*	*B6*	*B9*	
1,0000	0,6433	0,6756	0,7152	0,0542	-0,8290	-0,1032	0,1479	0,7095	0,6462	0,7368	0,6707	0,6826	0,5360	0,7256	0,6192	0,6411	0,5792	0,2486	0,3984	0,2191	0,0560	0,4628	0,4093	0,5430	0,3596	0,3702	0,5363	0,2282	-0,0977	0,4197	0,4423	0,6120	-0,2396	0,3201	0,3919	0,5487	0,2056	0,3987	0,1720	0,2359	0,5572	0,4273	***L***
	1,0000	0,6689	0,8202	-0,3665	-0,7379	0,3157	-0,3942	0,6742	0,6583	0,7063	0,6712	0,6420	0,6050	0,6483	0,5747	0,4686	0,4672	0,1151	0,2947	0,2297	0,1367	0,3556	0,3814	0,5338	0,4356	0,2812	0,3796	0,0931	-0,2159	0,3473	0,3638	0,5178	-0,1606	0,2351	0,2435	0,5179	0,3251	0,1763	0,2104	0,2789	0,4753	0,6236	***a***
		1,0000	0,9737	0,4399	-0,8184	0,6508	-0,5811	0,6790	0,6991	0,6935	0,6316	0,6572	0,6747	0,6622	0,5767	0,6291	0,5969	0,3160	0,2857	0,1764	0,0358	0,3547	0,4770	0,5525	0,4384	0,5495	0,3600	0,2985	-0,1093	0,5976	0,5019	0,5447	-0,4183	0,2106	0,1932	0,4701	0,3485	0,2642	0,4099	0,1639	0,5092	0,5636	***b***
			1,0000	0,2257	-0,8530	0,6002	-0,5694	0,7276	0,7375	0,7479	0,6908	0,7005	0,7029	0,7063	0,6179	0,6249	0,6029	0,2815	0,3126	0,2063	0,0685	0,3811	0,4848	0,5887	0,4713	0,5113	0,3943	0,2633	-0,1446	0,5674	0,4993	0,5760	-0,3729	0,2309	0,2200	0,5170	0,3683	0,2544	0,3847	0,2117	0,5328	0,6254	***C***
				1,0000	-0,1404	0,4391	-0,2598	0,0437	0,0834	0,0113	-0,0114	0,0486	0,1342	0,0574	0,0350	0,2410	0,1986	0,2653	-0,0079	-0,0621	-0,1271	0,0422	0,1622	0,0687	0,0305	0,3770	-0,0121	0,2781	0,1250	0,3598	0,2063	0,0791	-0,3546	-0,0094	-0,0703	-0,0426	0,0507	0,1220	0,2926	-0,1346	0,0743	-0,0501	***α°***
					1,0000	-0,2584	0,2318	-0,7358	-0,6971	-0,7403	-0,6914	-0,6990	-0,6237	-0,7327	-0,6455	-0,6288	-0,6048	-0,2674	-0,3618	-0,2292	-0,0736	-0,4188	-0,4434	-0,5902	-0,4517	-0,4562	-0,4817	-0,2526	0,1309	-0,5024	-0,4782	-0,6232	0,3034	-0,3187	-0,3067	-0,5392	-0,3064	-0,3434	-0,3053	-0,2490	-0,5713	-0,5382	***ΔE***
						1,0000	-0,9458	0,1967	0,2903	0,2036	0,1852	0,1961	0,3588	0,1531	0,1369	0,1734	0,2087	0,1591	0,0028	0,0262	0,0040	0,0131	0,2447	0,1945	0,2220	0,3587	-0,0436	0,1776	-0,0391	0,3833	0,2539	0,0993	-0,3361	-0,0724	-0,1544	0,0744	0,2632	-0,0919	0,3923	-0,0245	0,0824	0,3501	***Eİ***
							1,0000	-0,2820	-0,2940	-0,1913	-0,2855	-0,2571	-0,4095	-0,2383	-0,2626	-0,1746	-0,3020	-0,2017	-0,0586	-0,1238	-0,0696	-0,0591	-0,2528	-0,3151	-0,3597	-0,3697	-0,0165	-0,2126	0,0184	-0,3342	-0,2040	-0,2043	0,1966	-0,0507	0,1171	-0,1245	-0,3754	0,0353	-0,4623	-0,1086	-0,1394	-0,4078	***Bİ***
								1,0000	0,7755	0,7628	0,9441	0,8659	0,7279	0,9343	0,9039	0,8077	0,8496	0,4894	0,5120	0,5155	0,2848	0,5517	0,4922	0,7789	0,6095	0,6365	0,6719	0,4607	-0,0011	0,5777	0,5108	0,7770	-0,2594	0,4589	0,5063	0,7305	0,5426	0,4206	0,5314	0,3273	0,5670	0,5746	***TP***
									1,0000	0,7839	0,7335	0,7012	0,8493	0,7206	0,6552	0,7463	0,5924	0,3098	0,2869	0,3631	0,2656	0,2584	0,4194	0,4932	0,4142	0,5723	0,3914	0,1606	-0,3322	0,6317	0,4727	0,4930	-0,4612	0,3739	0,4216	0,7603	0,5356	0,4111	0,2322	0,0012	0,6785	0,6087	***P***
										1,0000	0,7461	0,7259	0,6510	0,7284	0,6382	0,6871	0,5572	0,3068	0,3901	0,2186	0,0794	0,3604	0,3731	0,4872	0,3523	0,4742	0,4504	0,2035	-0,2003	0,5452	0,4776	0,5402	-0,3986	0,2548	0,4728	0,6741	0,3279	0,2562	0,2005	0,1333	0,5411	0,6575	***K***
											1,0000	0,8788	0,6941	0,9336	0,8871	0,7758	0,8544	0,4766	0,5460	0,4837	0,2351	0,5897	0,5657	0,8012	0,6050	0,6398	0,6871	0,4890	0,0340	0,5795	0,5450	0,7922	-0,2483	0,4857	0,4798	0,7091	0,5060	0,4377	0,5433	0,3141	0,5366	0,5536	***Ca***
												1,0000	0,6407	0,9260	0,8436	0,8417	0,7712	0,4796	0,4742	0,3437	0,1018	0,5524	0,4791	0,6660	0,4472	0,5655	0,6541	0,3916	-0,0242	0,5694	0,5355	0,6585	-0,3224	0,4306	0,6243	0,7428	0,4245	0,5263	0,3325	0,0899	0,5247	0,3876	***Mg***
													1,0000	0,6939	0,6862	0,6905	0,6768	0,4075	0,3223	0,3507	0,1955	0,3397	0,5506	0,6666	0,5945	0,7069	0,3709	0,3143	-0,2279	0,6892	0,5017	0,6251	-0,3891	0,4946	0,1799	0,6455	0,7260	0,4837	0,4627	0,1440	0,7509	0,6319	***Na***
														1,0000	0,9126	0,8521	0,8895	0,5025	0,5127	0,3605	0,0894	0,6659	0,5743	0,8153	0,5649	0,6426	0,6947	0,4840	0,0219	0,6201	0,5592	0,8422	-0,3034	0,5486	0,5350	0,6860	0,4609	0,5747	0,4920	0,2094	0,6442	0,4411	***Fe***
															1,0000	0,7367	0,8460	0,5511	0,5074	0,4858	0,2171	0,4840	0,3558	0,7919	0,7010	0,5968	0,6087	0,4451	0,0167	0,4490	0,3234	0,7912	-0,0665	0,5671	0,5472	0,6604	0,5711	0,4927	0,5483	0,3895	0,5897	0,5301	***Cu***
																1,0000	0,7369	0,4666	0,2851	0,2854	0,1079	0,5729	0,5294	0,5678	0,2859	0,6554	0,5035	0,3534	-0,1041	0,7234	0,5673	0,6286	-0,5167	0,4079	0,6106	0,7200	0,3718	0,5909	0,2899	-0,0897	0,6502	0,2401	***Mn***
																	1,0000	0,6444	0,5844	0,4546	0,1337	0,6339	0,6296	0,8932	0,6927	0,7876	0,7068	0,6952	0,2084	0,6532	0,5808	0,8686	-0,2811	0,6070	0,3120	0,5182	0,5601	0,5767	0,7320	0,3625	0,5880	0,4289	***Zn***
																		1,0000	0,6490	0,3105	-0,0599	0,1827	0,2182	0,4796	0,4899	0,7984	0,5392	0,8264	0,5128	0,5493	0,3794	0,3984	-0,3747	0,4439	0,4242	0,3702	0,4610	0,4103	0,5321	0,2081	0,1503	0,3127	***F-E***
																			1,0000	0,4972	0,1082	0,1619	0,2661	0,5383	0,5872	0,5668	0,8759	0,6693	0,3206	0,3025	0,5444	0,4365	-0,1402	0,4094	0,2895	0,4210	0,4614	0,4374	0,4391	0,3307	0,1482	0,3818	***F-H***
																				1,0000	0,8976	0,0415	0,1284	0,3902	0,4924	0,3322	0,5473	0,3062	0,0488	0,0843	0,2095	0,2430	0,1709	0,3634	0,3040	0,5013	0,5952	0,0780	0,3601	0,3752	0,1445	0,3760	***F-B***
																					1,0000	-0,1011	-0,0298	0,0953	0,2086	0,0155	0,2034	-0,0555	-0,1565	-0,1134	-0,0160	-0,0220	0,2708	0,1245	0,1715	0,3647	0,4193	-0,1843	0,1027	0,2229	0,0418	0,2553	***F-%B***
																						1,0000	0,7293	0,6884	0,1573	0,3918	0,4897	0,4010	0,1439	0,5550	0,5921	0,7855	-0,3200	0,3553	0,1710	0,2626	0,0510	0,3508	0,4110	0,0850	0,4115	-0,0161	***D-E***
																							1,0000	0,7188	0,3443	0,6457	0,4759	0,4587	0,0278	0,7603	0,8129	0,6781	-0,5375	0,4554	-0,1030	0,3356	0,2946	0,3883	0,5147	0,0580	0,4507	0,2164	***D-H***
																								1,0000	0,8182	0,7043	0,6659	0,6184	0,1553	0,5842	0,5779	0,9386	-0,1488	0,6705	0,1213	0,4526	0,5653	0,4878	0,7562	0,4973	0,5708	0,4961	***D-B***
																									1,0000	0,5982	0,5044	0,5082	0,1178	0,2953	0,2607	0,6648	0,1292	0,6175	0,0451	0,3809	0,7048	0,3579	0,6964	0,6537	0,4235	0,6742	***D-%B***
																										1,0000	0,5754	0,7694	0,2173	0,8776	0,7121	0,6209	-0,6288	0,5550	0,2152	0,5283	0,6202	0,4802	0,7048	0,1456	0,4130	0,4639	***C-E***
																											1,0000	0,6309	0,2328	0,4392	0,7100	0,6180	-0,2337	0,4949	0,4068	0,5663	0,4139	0,5171	0,4118	0,2568	0,2785	0,2492	***C-H***
																												1,0000	0,7657	0,5579	0,5438	0,5140	-0,3306	0,4013	0,0908	0,1707	0,4025	0,2718	0,7168	0,2791	0,0584	0,2525	***C-B***
																													1,0000	0,0339	0,0607	0,0698	0,0400	0,0426	-0,0788	-0,2882	-0,0298	-0,1315	0,3527	0,2017	-0,3731	-0,0881	***C-%B***
																														1,0000	0,8216	0,5793	-0,8559	0,4308	0,1996	0,5612	0,4318	0,4430	0,4821	-0,1572	0,4762	0,3307	***A-E***
																															1,0000	0,5412	-0,7284	0,3757	0,1210	0,5017	0,3265	0,4436	0,3886	-0,1158	0,3356	0,2019	***A-H***
																																1,0000	-0,1773	0,6203	0,1943	0,4315	0,4019	0,5417	0,6499	0,4481	0,6576	0,3959	***A-B***
																																	1,0000	-0,1229	-0,1474	-0,3573	-0,0797	-0,2541	-0,1483	0,4608	-0,2167	-0,0815	***A-%B***
																																		1,0000	0,2392	0,4827	0,4641	0,5494	0,3104	0,2550	0,5949	0,2839	***TAİ***
																																			1,0000	0,6698	0,1316	0,3671	-0,1722	-0,1476	0,2113	0,0517	***LK***
																																				1,0000	0,6001	0,4789	0,0801	-0,0582	0,4950	0,4559	***BK***
																																					1,0000	0,3922	0,5163	0,1692	0,4495	0,5684	***E Vit***
																																						1,0000	0,1259	-0,1136	0,6855	-0,0623	***C Vit***
																																							1,0000	0,5127	0,1820	0,4587	***B1***
																																								1,0000	0,0469	0,5226	***B3***
																																									1,0000	0,3081	***B6***
																																										1,0000	***B9***

L°, parlaklık/koyuluk; *a°*, kırmızılık; *b°*, sarılık; *C*, kroma; *α°*, renk açısı; *ΔE*, toplam renk değişimi; *EI*, esmerleşme indeksi; *BI*, beyazlaşma indeksi; *TP*, toplam protein (µg g^{-1} kb); *P*, fosfor (µg g^{-1} kb); *K*, potasyum (µg g^{-1} kb); *Ca*, kalsiyum (µg g^{-1} kb); *Mg*, magnezyum (µg g^{-1} kb); *Na*, sodyum (µg g^{-1} kb); *Fe*, demir (µg g^{-1} kb); *Cu*, bakır (µg g^{-1} kb); *Mn*, mangan (µg g^{-1} kb); *Zn*, çinko (µg g^{-1} kb); *F*, toplam fenolik madde içeriği (mg GAE g^{-1} kb), *A*, ABTS'ye göre antioksidan kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} kb); *D*, DPPH'e göre antioksidan kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} kb); *C*, CUPRAC'a göre antioksidan kapasitesi (µmol Trolox g^{-1} kb); *E*, ekstrakte edilebilir fenoller; *H*, hidrolize edilebilir fenoller; *B*, biyoalınabilir fenoller; *%B*, yüzde biyoalınabilirlik (%); *LK*, likopen; *BK*, beta karoten, *E Vit*, E vitamini; *C Vit*, C vitamini; *B1*; tiamin; B3, niasin; *B6*, piridoksin; *B9*, folik asit; *kb*, kuru baz.

5. SONUÇLAR

Çalışmada kütlesi 100 ± 0,05 g ve başlangıç nem içeriği 5,24 ± 0,01 kg_{su} kg_{KM}^{-1} (%83,97 ± 0,01 y.b.) olan Trabzon hurması dilimleri son nem içeriği 0,1239 ± 0,0002 kg_{su} kg_{KM}^{-1} (%11,03 ± 0,01 y.b.) oluncaya dek 25°C'de doğal kurutma, 70, 100 ve 130°C'de konvektif kurutma, 3, 4 ve 5 W g^{-1}'da mikrodalga kurutma ve çalışmada kullanılan tüm sıcaklık ve mikrodalga güç yoğunlukları ile birlikte kullanıldığı dokuz farklı kombinasyonda kombine kurutma yöntemleriyle kurutulmuştur. Gölgede kurutma yöntemi, 6 510 dakika ile en uzun sürede tamamlanan kurutma yöntemi olarak belirlenirken, en kısa sürede tamamlanan kurutma yönteminin ise en yüksek sıcaklık ve en yüksek mikrodalga güç yoğunluğunun birlikte uygulandığı 5 W g^{-1} – 130°C'de kombine kurutma yöntemi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 70, 100 ve 130°C'de yapılan konvektif kurutma denemeleri sırasıyla 427, 287 ve 217 dakikada tamamlanırken, 3, 4 ve 5 W g^{-1}'te yapılan mikrodalga kurutma denemeleri ise sırasıyla 195, 76,5, 36 dakika sürmüştür. Kombine kurutma yönteminde, mikrodalga güç yoğunluğu ve sıcaklığın artmasıyla birlikte kurutma süresinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Buna göre, 3 W g^{-1} – 70°C, 3 W g^{-1} – 100°C ve 3 W g^{-1} – 130°C için kurutma süreleri sırasıyla 144, 108 ve 77 dakika olarak kaydedilirken, 4 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C'de gerçekleştirilen kurutma işlemleri ise sırasıyla 59, 44 ve 34,5 dakikada tamamlanmıştır. En kısa kurutma süresinin kaydedildiği 5 W g^{-1} – 70°C, 5 W g^{-1} – 100°C ve 5 W g^{-1} – 130°C için kurutma süreleri sırasıyla 28, 20 ve 14 dakika olarak tespit edilmiştir. Kuruma süresinin kısalması ile ortalama kuruma hızı artmış olup, en yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ve sıcaklığın birlikte uygulandığı ve aynı zamanda en kısa kurutma süresinin kaydedildiği 5 W g^{-1} – 130°C'de en yüksek kuruma hızı tespit edilmiştir. Buna karşın, 25°C'de %60-65 bağıl nemde gerçekleştirilen doğal kurutma yönteminde ise en düşük kuruma hızı kaydedilmiştir.

Deneysel veriler 21 farklı ince tabaka kurutma eşitliği ile modellenmiş ve deneysel verilere en yakın tahmin sonuçları, doğal kurutma için Logistic, 70°C, 130°C, 4 W g^{-1} – 70°C, 4 W g^{-1} – 100°C ve 4 W g^{-1} – 130°C için Alibas, 100°C için Weibull dağılım, 3 W g^{-1} için Jena ve Das, 3 W g^{-1} – 70°C için Verma vd. ve 5 W g^{-1} – 130°C ise Page eşitllikleri kullanılarak elde edilmiştir. Diğer tüm kurutma yöntemleri için deneysel

verilere en yakın tahmin sonuçları ise Geliştirilmiş Henderson ve Pabis eşitliği ile belirlenmiştir.

En yüksek toplam ve özgül enerji tüketimi 3 W g^{-1} – 70°C'de saptanırken, her hangi bir enerji tüketiminin ölçülmediği doğal kurutmanın ardından, en düşük enerji tüketimi ise en kısa kurutma süresin tespit edildiği 5 W g^{-1} – 130°C'de kaydedilmiştir. Ayrıca, mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla toplam ve özgül enerji tüketimlerinin azaldığı saptanmıştır. Doğal kurutma denemelerinde herhangi bir enerji tüketimi ölçülmemesine karşın, oda koşullarını 25°C sıcaklık ve %60-65 nispi nem koşullarında sabit tutmaya yarayan iklimlendirme cihazlarının harcadığı enerji tüketimi düşünüldüğünde, aslında bu yöntemin oldukça maliyetli bir teknik olduğu da görülmektedir. Ayrıca görülmeyen enerji masraflarının yanı sıra, doğal kurutma yönteminin 4,5 gün gibi uzun bir sürede tamamlanması ve ürünlerin kapalı ve nemli bir ortamda mikroküflenme, böceklenme ve kemirgenlere karşı savunmasız oluşu gibi dezavanatajlar bu yöntemin kullanımında mutlak suretle göz önünde bulundurulmalıdır.

En yüksek ortalama özgül ısı, ortalama termal iletkenlik, ortalama termal difüzivite ve ortalama termal efüzivite ve ortalama yoğunluk değerleri doğal kurutma yönteminde ölçülürken, en düşük ortalama özgül ısı ve ortalama termal difüzivite 5 W g^{-1} – 100°C'de ve en düşük termal efüzivite ise 5 W g^{-1} – 130°C'de tespit edilmiştir. Ortalama termal iletkenliğin doğal kurutma dışındaki tüm kurutma yöntemlerinde benzer olduğu görülmüştür.

Taze ürüne en yakın parlaklık ($L°$) değeri 3 W g^{-1} – 70°C'de ölçülmüş olup, taze örneklerin ardından en yüksek kırmızılık ($a°$), sarılık ($b°$) ve kroma (C) ise 5 W g^{-1} – 70°C'de saptanmıştır. Bununla birlikte, en yüksek renk açısı ($\alpha°$) ise doğal kurutma yönteminde tespit edilmiştir. En düşük parlaklık ve kırmızılık doğal kurutma yönteminde kaydedilirken, sarılık ve kroma için en düşük değerler 3 W g^{-1} – 130°C'de ölçülmüştür. Buna karşın en düşük renk açısı ise 130°C'de elde edilmiştir. Minimum toplam renk değişimi (ΔE) 5 W g^{-1} – 70°C'de tespit edilirken, en düşük esmerleşme indeksi ve beyazlaşma indeksi sırasıyla 5 W g^{-1} – 130°C ve 5 W g^{-1} – 70°C'de

kaydedilmiştir. Toplam renk değişiminde en belirgin kayıpların olduğu kurutma yönteminin ise doğal kurutma yöntemi olduğu saptanmıştır.

Taze ürüne en yakın toplam protein, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerleri 5 W g^{-1}'de mikrodalga ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yöntemleriyle kurutulan örneklerde ölçülmüştür. Buna karşın, en düşük toplam protein, potasyum ve kalsiyum içeriği doğal kurutma yönteminde saptanırken, en düşük fosfor içeriği ise 130°C'de konvektif kurutma yönteminde tespit edilmiştir. Ayrıca, minimum magnezyum içeriği ise hem doğal hem de 130°C'de kurutulan örneklere kaydedilmiştir. Diğer taraftan, en yüksek sodyum içeriği 5 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma yönteminde elde edilirken, taze ürüne en yakın demir ve mangan konsantrasyonları ise 5 W g^{-1} – 70°C'de ölçülmüştür. Taze örneklerin ardından en yüksek bakır ve çinko içeriğine ise 4 W g^{-1} – 70°C'de kombine ve doğal kurutma yöntemleriyle kurutulan örneklerde ulaşılmıştır. Buna karşın en düşük sodyum ve bakır içeriği 5 W g^{-1} – 130°C'de kaydedilirken; minimum demir, mangan ve çinko konsantrasyonu ise 130°C'de kurutulan örneklerde tespit edilmiştir.

Taze ürüne en yakın ekstrakte edilebilir toplam fenolik bileşenler doğal kurutma yönteminde tespit edilirken, en yüksek hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir toplam fenolik bileşenlere ise sırasıyla 5 W g^{-1} – 100°C ve 130°C'de ulaşılmıştır. Toplam fenolik bileşenlerin yüzde biyoalınabilirliği ise 5 W g^{-1}'de kurutulan numunelerde maksimum düzeye ulaşmıştır.

Trabzon hurmalarının toplam antioksidan kapasitesi DPPH, CUPRAC ve ABTS yöntemleri ile belirlenmiştir. Çalışmada en yüksek yüzde biyoalınabilirlik değerleri DPPH ve ABTS yöntemleri için 130°C'de elde edilirken, CUPRAC metodu için 5 W g^{-1} – 100°C'de tespit edilmiştir. DPPH yönteminde diğer toplam antioksidan kapasitesi belirleme yöntemleri olan CUPRAC ve ABTS'ye oranla ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoalınabilir fenollerin antioksidan kapasitesi daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu nedenle, çalışmada, DPPH yönteminin, Trabzon hurmasının antioksidan kapasitesinin belirlenmesi için en uygun yöntem olduğu vurgulanmıştır. Diğer taraftan, taze Trabzon hurması dilimlerine en yakın antosiyanin içeriği 4 W g^{-1}'de

mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulan numunelerde elde edilirken, en düşük sonuçlar ise 70°C'de konvektif kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde ölçülmüştür.

Tazeye en yakın likopen içeriği 4 W g^{-1} – 70°C'de tespit edilirken, doğal ve 70°C konvektif kurutma yöntemlerinin likopen üzerinde önemli kayıplara neden olduğu saptanmıştır. Kurutma yöntemleri içinde en yüksek beta karoten içeriği ise 5 W g^{-1} – 70°C'de elde edilirken, en düşük sonuçlar ise 70°C'de kaydedilmiştir. Taze ürüne en yakın E vitamini konsantrasyonu 130°C'de konvektif ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yöntemlerinde elde edilmesine karşın, en düşük sonuçlar ise 4 W g^{-1} – 130°C ve 5 W g^{-1} – 130°C'de saptanmıştır.

Taze Trabzon hurması dilimlerine en yakın C vitamini (L-askorbik asit) içeriği 3 Wg^{-1}'de kurutulan örneklerde ölçülürken, en düşük sonuç ise 70°C'de elde edilmiştir. Tüm kurutma yöntemleri içinde en yüksek tiamin (B1 vitamini) içeriğinin doğal kurutma yönteminde tespit edilmesine karşın, en yüksek niasin (B3 vitamini) içeriği ise 130°C'de belirlenmiştir. En düşük niasin içeriği 3 W g^{-1}'de mikrodalga ve 5 W g^{-1} – 70°C'de kombine kurutma yöntemleriyle kurutulmuş örneklerde ölçülürken, minimum tiamin içeriğine ise 3 W g^{-1} - 130°C'de ulaşılmıştır. Taze ürünün ardından en yüksek piridoksin (B6 vitamini) konsantrasyonu 3 ve 4 W g^{-1}'de elde edilmesine karşın, en düşük sonuca 5 W g^{-1} – 130°C'de ulaşılmıştır. Kurutma yöntemleri içinde en yüksek folik asit (B9 vitamini) içeriği 100°C'da ölçülmüş olup, bunu 70°C'de konvektif kurutma ve 5 W g^{-1}'de mikrodalga kurutma yöntemleri izlemiştir. En düşük folik asit konsantrasyonu ise 4 W g^{-1} – 130°C'de kombine kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde ölçülmüştür.

Çalışmada, toplam renk değişiminin tüm renk parametreleriyle negatif yönlü yüksek ilişkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte toplam protein, makro ve mikro besin elementleri arasında pozitif yönlü pek çok ilişkinin olduğu saptanmıştır. Ayrıca hem toplam protein hem de besin elementlerinin, DPPH ve ABTS'ye göre biyoalınabilir antioksidan kapasiteleri ile pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., Khani, S., & Ghasemi, M. (2009). Mathematical Modeling of Carrot Thin-layer Drying Using New Model. *International Agrophysics*, 23, 313-317.

Agrawal, S. G., & Methekar, R. N. (2017). Mathematical model for heat and mass transfer during convective drying of pumpkin. *Food and Bioproducts Processing*, 101, 68-73. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.10.005

Akpinar, E.K., & Bicer, Y. (2005). Modelling of the drying of eggplants in thin-layers. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 273-281. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00886.x

Akter, S., Ahmed, M., & Eun, J-B. (2010). Effect of blanching and drying temperatures on the physicochemical characteristics, dietary fiber composition and antioxidant-related parameters of dried persimmons peel powder. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(7), 702-712. https://doi.org/10.3109/09637481003757852

Akyıldız, A., Aksay, S., Benli, H., Kıroğlu, F., & Fenercioğlu, H. (2004). Determination of changes in some characteristics persimmon during dehydration at different temperarures. *Journal of Food Engineering*, 65, 95-99. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.01.001

Alibas, I. (2006). Characteristics of chard leaves during microwave, convective, and combined microwave-convective drying. *Drying Technology*, 24(11), 1425–1435. https://doi.org/10.1080/07373930600952776

Alibas, I. (2007). Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT-Food Science & Technology*, 40, 1445–1451. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.09.002

Alibas, I. (2009). Microwave, vacuum, and air drying characteristics of collard leaves. *Drying Technology*, 27, 1266–1273. https://doi.org/10.1080/07373930903267773

Alibas, I. (2012). Microwave drying of grapevine (Vitis vinifera L.) leaves and determination of some quality parameters. *Journal of Agricultural Sciences*, 18(1), 43–53. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001191

Alibas, I., & Yilmaz, A. (2021). Microwave and convective drying kinetics and thermal properties of orange slices and effect of drying on some phytochemical parameters. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (Erken Görünüm). https://doi.org/10.1007/s10973-021-11108-3

Alibas, I., Parveez Zia, M., Yilmaz, A., & Asik, B.B. (2020). Drying kinetics and quality characteristics of green apple peel (*Mallus communis* L. var. "Granny Smith") used in herbal tea production. *Journal of Food Process and Preservation*, 44(2), 1-13. https://doi.org/10.1111/jfpp.14332

Alibas, I., Yilmaz, A., Asik, B.B., & Erdoğan, H. (2021). Influence of drying methods on the nutrients, protein content and vitamin profile of basil leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103758. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103758

Alibaş, I., Yılmaz, A., Günaydın, S., & Arkain, B. (2021). Kurutma Yöntemlerinin Deveci Armudunun Kurutma Kinetiği ve Renk Parametreleri Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(5), 897-908. https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i5.897-908.4170

Aljuhaimi, F., & Özcan, M.M. (2018). Influence of oven and microwave roasting on bioproperties, phenolic compounds, fatty acid composition, and mineral contents of nongerminated peanut and germinated peanut kernel and oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, e13462. https://doi.org/10.1111/jfpp.13462

Alnefaie, K.A., & Abu-Hamdeh, N.H. (2020). Specific Heat and Volumetric Heat Capacity of Some Saudian Soils as affected by Moisture and Density. *International Journal of Materials*, 7, 42-46. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.575.103

Anjum, N., Bhat, A., & Hammed, F. (2021). Effect Of Drying Methods on Chemical Composition, Color and Bıoactive Compounds of Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Pulp. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22 (39&40), 67-76.

Anonim. (2020). Shreyas Minocha. *Developing an intuition fot the HSL color model*. https://shreyasminocha.me/blog/hsl-intuition/

Anonim. (2022). Vikipedi. *Trabzon hurması*. https://tr.wikipedia.org/wiki/Trabzon_hurmas%C4%B1#:~:text=Yapraklar%20eliptik%20bir%20yap%C4%B1da%206,zengin%20oldu%C4%9Fundan%20halk%20aras%C4%B1nda%20t%C3%BCketilmektedir.

Apak, R., Guclu, K., Ozyurek, M., & Celik, S.E. (2008). Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (Cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta*, 4, 413-419. https://doi.org/10.1007/s00604-007-0777-0

Arslan, D., & Özcan, M.M. (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT- Food Science and Technology*, 43, 1121-1127. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.019

Azam, S. M. R., Zhang, M., Law, C. L., & Mujumdar, A. S. (2019). Effects of drying methods on quality attributes of peach (*Prunus persica*) leather. *Drying Technology*, 37(3), 341-351. https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1454942

Azzouz, S., Guizani, A., Jomaa, W., & Belghith, A. (2002). Moisture diffusivity and drying kinetic equation of convective drying of grapes. *Journal of Food Engineering*, 55, 323-330. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00109-7

Babalis, S.J., Papanicolaou, E., Kyriakis, N., & Belessiotis, V.G. (2006). Evaluation of Thin-Layer Drying Models for Describing Drying Kinetics of Figs (*Ficus carica*).

Journal of Food Engineering, 75, 205-214. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.008

Balladin, D. A., & Oliver, H. (1999). Evaluation of solar dried thyme (*Thymus vulgaris* Linné) herbs. *Renewable Energy*, 17(4), 523-531. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00757-5

Bhattacharya, M., Srivastav, P.P., & Mishra, H.N. (2015). Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2013-2022. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1209-2

Bouayed, J., Deußer, H., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2012). Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following in vitro digestion vs. their native patterns. *Food Chemistry*, 131(4), 1466–1472. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.030

Bouraoui, M., Richard, P., & Durance, T. (1994). Microwave and convective drying of potato slices. *Journal of Food Process Engineering*, 17, 353-363. https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.1994.tb00343.x

Bozkir, H., Rayman Ergün, A., Serdar, E., Metin, G., & Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics-Sonochemistry*, 54, 135-141. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.006

Bölek, S., & Obuz, E. (2014). Quality characteristics of Trabzon persimmon dried at several temperatures and pretreated by different methods. *Turkish Journal of Agriculture and Foresty*, 38, 242-249. https://doi.org/10.3906/tar-1303-41

Bradshaw, S.M., van Wyk, E.J., & de Swardt, J.B. (1998). Microwave heating principles and the application to the regeneration of granular activated carbon. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, July/August, 201-212.

Bremmer, J.M. (1965). Total nitrogen in:methods of soil analysis. (Edit.C.A Black) part 2. *Amer.Soc.of Agr.Inc., Publisher*, Madison, Wisconsin-USA, p.1149-1178.

Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Sanjuán, N., & Mulet, A. (2010). Influence of pre-treatment and storage temperature on the evolution of the colour of dried persimmon. *LWT-Food Science and Technology*, 43(8), 1191-1196. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.011

Cassidy, A., Bertoia, M., Chiuve, S., Flint, A., Forman, J., & Rimm, E.B. (2016). Habitual intake of anthocyanins and flavanones and risk of cardiovascular disease in men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 104 (3), 587 – 594. https://doi.org/10.3945/ajcn.116.133132

Cemeroğlu, B. S. (2018). Antosiyanin Tayini. *Gıda Analizleri*. Bizim Grup Basımevi, 4. Baskı. Ankara, Türkiye. ss.108-120.

Chae, S., Hong, S. I., & Kim, D. (2004). Storage quality of 'Fuyu' sweet persimmon as influenced by pretreatment temperature and film packaging. *Food Science and Biotechnology*, 13(6), 790-795.

Chandra, P.K., & Singh, R.P. (1995). Applied Numerical Methods for Food and Agricultural Engineers. pp. 163-167. *CRC Press*. Boca Raton, FL.

Chandramohan, V. P. (2020). Convective drying of food materials: An overview with fundamental aspect, recent developments, and summary. *Heat Transfer*, 49(3), 1281-1313. https://doi.org/10.1002/htj.21662

Chandramohan, V. P., & Talukdar, P. (2013). Design of an experimental set up for convective drying: Experimental studies at different drying temperature. *Heat and Mass Transfer*, 49(1), 31-40. https://doi.org/10.1007/s00231-012-1060-4

Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi, J., & Wu, X. (2017). Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry. *LWT – Food Science and Technology*, 80, 178 – 184. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.017

Cosenza, P., Guérin, R., & Tabbagh, A. (2003). Relationship between thermal conductivity and water content of soils using numerical modelling. *European Journal of Soil Science*, 54, 581-587. https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.00539.x

Çalışkan, G., & Dirim, S. N. (2015). Freeze Drying Kinetics of Persimmon Puree. *GIDA*, 40(1), 9-14.

Çelen, S. (2019). Effect of microwave drying on the drying characteristics, color, microstructure, and thermal properties of trabzon persimmon. *Foods*, 8, 84. https://doi.org/10.3390/foods8020084

Çöteli, E., & Karataş, F. (2017). Investigation of Amounts of Vitamins A, E, C, β-carotene, Lycopene, Glutathione and Malondialdehyde in Red Fruit Pyracantha Coccinea Roemer var. Lalandi. *Firat University Journal of Science*, 29(1), 41-46.

Dadalı, G., Kılıç Apar, D., & Özbek, B. (2007). Estimation of effective moisture diffusivity of okra for microwave drying. *Drying Technology*, 25, 1445-1450. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2546-3

Dadali, G., Demirhan, E., & Özbek, B. (2007). Color Change Kinetics of Spinach Undergoing Microwave Drying. *Drying Technology*, 25 (10), 1713-1723. https://doi.org/10.1080/07373930701590988

Decareau, R. V. (1985). Microwaves in the Food Processing Industry. *Academic Press*, Massachusetts, USA, 234 pp.

Dehghannya, J., Kadkhodaei, S., Heshmati, M.K., & Ghanbarzadeh, B. (2019). Ultrasound-assisted intensification of a hybrid intermittent microwave - hot air drying

process of potato: Quality aspects and energy consumption. *Ultrasonics*, 96, 104-122. https://doi.org/10.1016/j.ultras.2019.02.005

Demir, V., Gunhan, T., Yagcioglu, A.K., & Degirmencioglu, A. (2004). Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of Air-Dried Bay Leaves. *Biosystems Engineering*, 88, 325-335. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.04.005

Demiray, E., & Tulek, Y. (2017). The effect of pretreatments on air drying characteristics of persimmon. *Heat and Mass Transfer*, 53, 99-106. https://doi.org/10.1007/s00231-016-1797-2

Diamante, L.M., & Munro, P.A. (1991). Mathematical Modeling of Hot Air Drying of Sweet Potato Slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 26, 99. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb01145.x

Diamante, L.M., & Munro, P.A. (1993). Mathematical Modeling of the Thin Layer Solar Drying of Sweet Potato Slices. *Solar Energy*, 51, 271-276. https://doi.org/10.1016/0038-092X(93)90122-5

Dinrifo, R.R. (2012). Effects of pre-treatments on drying kinetics of sweet potato slices. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(3), 136-145.

Direito, R., Rocha, J., Sepodes, B., & Eduardo-Figueira, M. (2021). From Diospyros kaki L. (Persimmon) Phytochemical Profile and Health Impact to New Product Perspectives and Waste Valorization. *Nutrients*, 13, 1 – 40. https://doi.org/10.3390/nu13093283

Doymaz, I. (2008). Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering and Processing*, 47, 914-919. https://doi.org/10.1016/j.cep.2007.02.003

Doymaz, I., & Bilici, B. (2014). Influence of Citric Acid Pretreatment on Drying of Peach Slices. *International Journal of Food Engineering*, 10(4), 829-837. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111036

Doymaz, I., & Ismail, O. (2011). Drying characteristics of sweet cherry. *Food and Bioproducts Processing*, 89(1), 31–38. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.006

Doymaz, İ. (2012). Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy Conversion and Management*, 56, 199-205. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.11.027

Doymaz, İ., Tugrul, N., & Pala, M. (2006). Drying characteristics of dill and parsley leaves. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 559-565. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.070

Eissa, H.A., Bareh, G.F., Ibrahim, A.A., Moawad, R.K., & Ali, S. (2013). The Effect of Different Drying Methods on the Nutrients and Non-nutrients Composition of zucchini (green squash) rings. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(8), 5380-5389.

Ertekin, C., & Firat, M. Z. (2017). Thin layer drying of agricultural products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 701–717. https://doi.org/10.1080/10408398.2014.910493

Ertekin, C., & Yaldız, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63, 349-359. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.08.007

Esmaiili, M., Sotudeh-Gharebagh, R., Mousavi, M.A.E., & Rezazadeh, G. (2007). Influence of dipping on thin-layer drying characteristics of seedless grapes. *Biosystems Engineering*, 98, 411-421.

Falade, K.O., & Solademi, J.S. (2010). Modelling of air drying of fresh and blanched sweet potato slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 278–88. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02133.x

Feng, H. (2002). Analysis of microwave assisted fluidized-bed drying of particulate product with a simplified heat and mass transfer model. *International Community of Heat and Mass Transfer*, 29, 1021–1028. https://doi.org/10.1016/S0735-1933(02)00430-X

Ferrara, L. (2021). Persimmon (Diospyros kaki L.): Nutritional importance and potential pharmacological activities of this ancient fruit. *Journal of Software Engineering and Simulation*, 7(1), 1-4.

Gabas, A.L., Marra-Júnior, W.D., Telis-Romero, J., & Telis, V.R.N. (2005). Changes of Density, Thermal Conductivity, Thermal Diffusivity, and Specific Heat of Plums During Drying. *International Journal of Food Properties*, 8 (2), 233-242. https://doi.org/10.1081/JFP-200063038

Galani, J.H.Y., Patel, J.S., Patel, N.J., & Talati, J.G. (2017). Storage of Fruits and Vegetables in Refrigerator Increases their Phenolic Acids but Decreases the Total Phenolics, Anthocyanins and Vitamin C with Subsequent Loss of their Antioxidant Capacity. *Antioxidants*, 6, 2 – 19. https://doi.org/10.3390/antiox6030059

García-Martínez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M.E., & Martínez-Navarrete, N. (2013). Assessment of the Bioactive Compounds, Color, and Mechanical Properties of Apricots as Affected by Drying Treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 3247-3255. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0988-1

Gato, N., Kadowaki, A., Hashimoto, N., Yokoyama, S., & Matsunnoto, K. (2013). Persimmon fruit tannin-rich fiber reduces cholesterol levels in humans. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 62(1), 1-6. https://doi.org/10.1159/000343787

Giorgi, M.G., Howland, K., Martin, C., & Bonner, A.B. (2012). A Novel HPLC Method for the Concurrent Analysis and Quantitation of Seven Water-Soluble Vitamins in Biological Fluids (Plasma and Urine): A Validation Study and Application. *The Scientific World Journal*, 359721. https://doi.org/10.1100/2012/359721

Giovagnoli-Vicuña, C., Moraga, N. O., Briones-Labarca, V., & Pacheco-Pérez P. (2017). Quality Assessment and Mathematical Modelling of Hot-Air Convective Drying of Persimmon (Diospyros kaki L.) Fruit. *International Journal of Food Engineering*, 13(7), 20160333. https://doi.org/10.1515/ijfe-2016-0333

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*, 153, 112476. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112476

Guiné, R.P.F., Pinho, S., & Barroca, M.J. (2011). Study of the convective drying of pumpkin (Cucurbita maxima). *Food and Bioproducts Processing*, 89, 422-428. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.09.001

Gürsoy, S., Choudhary, R., & Watson, D.G. (2013). Microwave drying kinetics and quality characteristics of corn. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6(1), 90-99. https://doi.org/10.3390/pr9091511

Hanif, M., Khattak, M.K., Rahman, M., & Khan, M.U. (2015a). Evaluation of existing thin layer drying models on drying kinetics of persimmon (*Diospyros kaki* L.). *Journal of Agricultural Research*, 53(2), 269-275.

Hanif, M., Khattak, M.K., Ali, S.A., Khan, M., Ramzan, M., Amin, M., & Aamir, M. (2015b). Impact of drying temperature and slice thickness on retention of vitamin c in persimmons (*diospyros kaki*. l) dried by a flat plate solar collector. *Pakistan Journal of Food Science*, 25 (2), 66-70.

Henderson, S.M. (1974). Progress in Developing the Thin Layer Drying Equation. *Transection of ASAC*, 17, 1167-1172. https://doi.org/10.13031/2013.37052

Henderson, S.M., & Pabis, S. (1961). Grain Drying Theory. II. Temperature Effects on Drying Coefficients. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6, 169-174.

Hernández-Ortega, M., Kissangou, G., Necoechea-Mondragón, H., Sánchez-Pardo, M. E., & Ortiz-Moreno, A. (2013). Microwave dried carrot pomace as a Source of fiber and carotenoids. *Food and Nutrition Sciences*, 4, 1037-1046. https://doi.org/10.4236/fns.2013.410135

Hernández-Urbiola, M., Perez-Torrero, E., & Rodriguez-Garcia, M. E. (2011). Chemical Analysis of Nutritional Content of Prickly Pads (Opuntia ficus indica) at Varied Ages in an Organic Harvest. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1287-1295. https://doi.org/10.3390/ijerph8051287

Horneck, D.A., & Hanson, D. (1998). Handbook of reference methods for plant analysis. *CRC Press* Washington, D.C, p. 157-164.

Horuz, E., & Maskan, M. (2015). Hot air and microwave drying of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (1), 285-293. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1032-9

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., & Maskan, M. (2018). Simultaneous application of microwave energy and hot air to whole drying process of apple slices: drying kinetics, modeling, temperature profile and energy aspect. *Heat and Mass Transfer*, 54, 425-436. https://doi.org/10.1007/s00231-017-2152-y

Huang, S-R., Yang, J-J, & Lee, Y-C. (2013). Interactions of heat and mass transfer in steam reheating of starchy foods. *Journal of Food Engineering*, 114, 174-182. https://dx.doi/10.1016/j.foodeng.2012.08.007

Igual, M., Castelló, M. L., Roda, E., & Ortolá, M. D. (2011). Development of Hot-Air Dried Cut Persimmon. *International Journal of Food Engineering*, 7(5), 1-17. https://doi.org/10.2202/1556-3758.2149

Igual, M., García-Martínez, E., Martín- Esparza, M.E., & Martínez-Navarrete, N. (2012). Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47, 284 – 290. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.019

Ihns, R., Diamante, L.M., Savage, G.P., & Vanhanen, L. (2011). Effect of temperature on the drying characteristics, colour, antioxidant and beta-carotene contents of two apricot varieties. *International Journal of Food Science & Technology*, 46, 275-283. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02506.x

Ikegwu, O.J., & Ezeh, C.Q. (2012). Thermal Properties of *Kerstingiella geocarpa* Seeds as Influenced by Moisture Content. *Nigerian Food Journal*, 30(2), 100-105. https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30042-4

Isaac, A.R., & Johnson, W.C. (1998). Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. *CRC Pres*. Washington, D.C, pp. 65-170.

Jena, S., & Das, H. (2007). Modelling for Vacuum Drying Characteristics of Coconut Presscake. *Journal of Food Engineering*, 79, 92-99. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.032

Jia, Y., Khalifa, I., Hu, L., Zhu, W., Li, J., Li, K., & Li, C. (2019). Influence of three different drying techniques on persimmon chips' characteristics: A comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave, and vacuum-freeze drying techniques. *Food and Bioproducts Processing*, 18, 67-76. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.018

Juhaimi, F.A.L., Özcan, M.M., & Uslu, N. (2017). The effect of microwave and conventional drying on antioxidant activity, phenolic compounds and mineral profile of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) flesh. *Journal of Food Measurements and Characterization*, 11(1), 58-63. https://doi.org/10.1007/s11694-016-9371-7

Jung, S., Park, Y., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Katrich, E., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2007). Some essential phytochemicals and the antioxidant potential in fresh and dried persimmon. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 56(2), 105-113. https://doi.org/10.1080/09637480500081571

Kang, W. W., Kim, J. K., Oh, S. L., Kim, J. H., Han, J. H., Yang, J. M., & Choi, J. U. (2004). Physicochemical characteristic of Sangju traditional dried persimmons during drying process. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 33, 386–391.

Kapoor, S., & Aggarwal, P. (2015). Drying method affects bioactive compounds and antioxidant activity of carrot. *International Journal of Vegetable Science*, 21(5), 467-481. https://doi.org/10.1080/19315260.2014.895474

Karaaslan, S. (2014). Trabzon Hurmasının Mikrodalga ile Kurutulmasında Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 8-15.

Karaman, S., Toker, O. S., Çam, M., Hayta, M., Doğan, M., & Kayacier, A. (2014). Bioactive and physicochemical properties of persimmon as affected by drying methods. *Drying Technology*, 32(3), 258-267. https://doi.org/10.1080/07373937.2013.821480

Karathanos, V.T. (1999). Determination of Water Content of Dried Fruits by Drying Kinetics. *Journal of Food Engineering*, 39, 337-344. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00132-0

Kardum, J. P., Sander, A., & Skansi, D. (2001). Comparison of convective, vacuum, and microwave drying chlorpropamide. *Drying Technology*, 19(1), 167-183. https://doi.org/10.1081/DRT-100001359

Kassem, A.S. (1998). Comparative Studies on Thin Layer Drying Models for Wheat. *13 th International Congress on Agricultural Engineering*, vol. 6, Morocco. 2-6 February.

Kaya, A., Kamer, M. S., & Şahin, H. E. (2015). Trabzon Hurmasının (*Diospyros Kaki* L.) Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. *GIDA*, 40(1), 15-21.

Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Goktas, H., & Doymaz, I. (2020). Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, *in vitro* bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon. *LWT-Food Science and Technology*, 118, 108830. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108830

Khaled, A. Y., Kabutey, A., Selvi, K. Ç., Mizera, Č., Hrabe, P., & Herák, D. (2020). Application of Computational Intelligence in Describing the Drying Kinetics of Persimmon Fruit (*Diospyros kaki*) During Vacuum and Hot Air Drying Process. *Processes*, 8, 1-21. https://doi.org/10.3390/pr8050544

Khaliq, A., Li, W-A., Ali, S., Shah, S.T., Ma, Z-H., Mao, J., Niaz, Y., Chen, B-H., Haq, I.U., Al-Yahyai, R., Ahmed, M.A.A., Al-Ghamdi, A.A., Elshikh, M.S., & Zuan, A.T.K. (2022). Thin layer drying kinetics and quality dynamics of persimmon (*Diospyros kaki*) treated with preservatives and solar dried under different temperatures. *PLoS ONE*, 17(3), e0265111. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265111

Khan, M. S. N., Durrani, Y., Hashmi, M. S., Muhammad, A., Uzair, M., Ali, S. A., & Shalid, M. (2019). Influences of Antioxidants Treatments on Dried Persimmon Fruit. *Fresenius Enviromental Bulletin*, 28(11), 8679-8688.

Kim, J. H., Kang, W. W., & Kim, J. K. (2005). Quality evaluation of Yut (Korean traditional candy) prepared from low quality dried-persimmon. *Korean Journal of Food Preservation*, 12, 135–140.

Kim, J., Chung, I. K., Kim, H. Y., & Kim, K. (2018). Comparison of the quality of dried persimmon (*Diospyros kaki* THUNB.) treated with medicinal plant extracts and food additives. *Food Science & Nutrition*, 6(8), 1991-1998. https://doi.org/10.1002/fsn3.673

Kim, J-S., Kang, O-J., & Gweon, O-C. (2013). Changes in the Content of Fat- and Water-soluble Vitamins in Black Garlic at the Different Thermal Processing Steps. *Food Science and Biotechnology*, 22(1), 283-287. https://doi.org/10.1007/s10068-013-0039-3

Kim, Y. J. (2005). Effect of dietary dried persimmon by-product on broiler performance and fatty acid contents in chicken meat. *Korean Journal of Poultry Science*, 32, 165–170.

Kingsly, R. P., Goyal, R. K., Manikantan, M. R., & Ilyas, S. M. (2007). Effects of pretreatments and drying air temperature on drying behavior of peach slice. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 65-69. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01210.x

Kolaç, T., Gürbüz, P., & Yetiş, G. (2017). Doğal Ürünlerin Fenolik İçeriği ve Antioksidan Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 5(1), 26 - 42.

Konak, Ü.İ., Certel, M., & Helhel, S. (2009). Applications of Microwaves in the Food Industry. *Electronic Journal of Food Technologies*, 4(3), 20-31. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1922871

Koua, B.K., Koffi, P.M.E., & Gbaha, P. (2019). Evolution of shrinkage, real density, porosity, heat and mass transfer coefficients during indirect solar drying of cocoa beans. *Journal of the Saudi of Agricultural Sciences*, 18(1), 72-82. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.01.002

Koyuncu, M. A., Savran, E., Dilmaçünal, T., Kepenek, K., Cangi, R., & Çağatay, Ö. (2005). Bazı trabzon hurması çeşitlerinin soğukta depolanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 15-23.

Kumar, D., Prasad, S., & Murthy, G.S. (2014). Optimization of microwave-assisted hot air drying conditions of okra using response surface methodology. Journal of Food Science and Technology, 51(2), 221-232. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0487-9

Kuzucu, F.C. (2003). Çanakkale-Lapseki Koşullarında Yetiştirilen Trabzon Hurmalarında Meyve Gelişimi, Olgunlaşma ve Depolama Karakteristikleri Üzerinde

Araştırmalar. *Doktora Tezi*, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Lemus-Mondaca, R., Zura-Bravo, L., Ah-Hen, K., & Di Scala, K. (2021). Effect of drying methods on drying kinetics, energy features, thermophysical and microstructural properties of Stevia rebaudiana leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101, 6484-6495. https://doi.org/10.1002/jsfa.11320

Lewis, W.K. (1921). The Rate of Drying of Solid Materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13, 427-432. https://doi.org/10.1021/ie50137a021

Lim, Y.J., & Eom, S.H. (2022). The Different Contributors to Antioxidant Activity in Thermally Dried Flesh and Peel of Astringent Persimmon Fruit. *Antioxidants*, 11,597. https://doi.org/10.3390/antiox11030597

López, J., Uribe, E., Vega-G´alvez, A., Miranda, M., Vergara, J., & Gonzalez, E. (2010). Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin C, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety O'neil. *Food and Bioprocess Technology*, 3, 772–777. https://doi.org/10.1007/s11947-009-0306-8

Lucas-González, R., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.Á., & Viuda-Martos, M. (2018). Effect of particle size on phytochemical composition and antioxidant properties of two persimmon flours from *Diospyros kaki* Thunb. vars. 'Rojo Brillante' and 'Triumph' co-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 504 – 510. https://doi.org/10.1002/jsfa.8487

Lyu, J., Zhou, L., Bi, J., Liu, X., & Wu, X. (2015). Quality evaluation of yellow peach chips prepared by explosion puffing drying. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8204-8211. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1906-0

Maftoonazad, N., Dehghani, M.R., & Ramaswamy, H.S. (2022). Hybrid microwave-hot air tunnel drying of onion slices: Drying kinetics, energy efficiency, product rehydration, color, and flavor characteristics. *Drying Technology*, 40(5), 966-986. https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1841790

Marques, J.M., da Silva, L.R., da Cunha Junior, P.C., de Carvalho Silva, M.T., Barbosa, M.I.M.J., & de Morais, L.A.S. (2019). Bioactive composition of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.). *V. Workshop de Engenharia de Biossistemas*, 6-7 Kasım ,1-4.

Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*. 44, 71-78. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00167-3

Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 169–175. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0

Matheus, J.R.V., de Andrade, C.J., Miyahira, R.F., & Fai, A.E.C. (2020). Persimmon (*Diospyros Kaki* L.): Chemical Properties, Bioactive Compounds and Potential Use in

the Development of New Products – A Review. *Food Reviews International*, https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733597

Matsumoto, K., Masuda, K., Takekawa, K., & Koyanagi, T. (2014). Influence of heat treatment on the bile acid binding ability od persimmon tannin-rich fiber and its application to a food material for breads. *Journal of Japanese Society for Food Science and Technology*, 61(11), 543-547. https://doi.org/10.1159/000343787

Midilli, A., Kucuk, H., & Yapar, Z. (2002). A New Model for Single Layer Drying. *Drying Technology*, 20(7), 1503-1513. https://doi.org/10.1081/DRT-120005864

Milczarek, R. R., Vilches, A. M., Olsen, C. W., Breksa, A. P., Mackey, B. E., & Brandl, M. T. (2020). Physical, Microbial, and Chemical Quality of Hot-Air-Dried Persimmon (Diospyros kaki) Chips during Storage. *Journal of Food Quality*, 7413689. https://doi.org/10.1155/2020/7413689

Miraei Ashtiani, S-H., Sturm, B., & Nasirahmadi, A. (2018). Effects of hot-air and hybrid hot air-microwave drying on drying kinetics and textural quality of nectarine slices. *Heat and Mass Transfer*, 54, 915-927. https://doi.org/10.1007/s0023-017-2187-0

Moon, H. K., Han, J. H., Kim, J. H., Kim, G. Y., Kang, W. W., & Kim, J. K. (2004). Quality characteristics of bread with dried persimmons hot-water extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 33, 723–729.

Mota, C.L., Luciano, C., Dias, A., Barroca, M.J., & Guiné, R.P.F. (2010). Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation. *Food and Bioproducts Processing*, 88, 115-123. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.09.004

Motevali, A., Minaei, S., & Khoshtagaza, M.H. (2011). Evaluation of energy consumption in different drying methods. *Energy Conversion and Management*, 52, 1192-1199. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.09.014

Mvondo, R.R.N., Damfeu, J.C., Meukam, P., & Jannot, Y. (2020). Influence of moisture content on the thermophysical properties of tropical wood species. *Heat and Mass Transfe*r, 56, 1365-1378. https://doi.org/10.1007/s00231-019-02795-8

Nahimana, H., Mujumdar, A.S., & Zhang, M. (2011). Drying and radial shrinkage characteristics and changes in color and shape of carrot tissues (*Daucus carota* L) during air drying. *African Journal of Biotechnology*, 10(68), 15327-15345. https://doi.org/10.5897/AJB11.576

Nemzer, B., Vargas, L., Xia, X., Sintara, M., & Feng, H. (2018). Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and 2 cranberries as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 262 (1), 242 – 250. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.047

Nicoleti, J. F., Silveira Jr, V., Telis-Romero, J., & Telis, V. R. N. (2007). Influence of Drying Conditions on Ascorbic Acid during Convective Drying of Whole Persimmons. *Drying Technology*, 25, 891-898. https://doi.org/10.1080/07373930701370365

Nouri, E., Abbasi, H., & Rahimi, E. (2018). Effects of processing on stability of water- and fat-soluble vitamins, pigments (C-phycocyanin, carotenoids, chlorophylls) and colour characteristics of *Spirulina platensis*. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10(4), 335-349. https://doi.org/10.3920/QAS2018.13.04

Oksuz, T., Surek, E., Tacer-Caba, Z., & Nilüfer-Erdil, D. (2015). Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Persimmon and Red Beet Jams Produced by Sucrose Impregnation. *Food Science and Technology*, 3(1), 1-8. https://doi.org/10.13189/fst.2015.030101

Olabode, Z., Akanbi, C.T., Olunlade, B., & Adeola, A. (2015). Effects of Drying Temperature on the Nutrients of Moringa (*Moringa oleifera*) Leaves and Sensory Attributes of Dried Leaves Infusion. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, 3(5), 117-122.

Olaoye, O., & Ogunleye, A.J. (2018). Experimental Study of Drying Parameters of Ginger at Different Temperature and Moisture Content. *European Journal of Engineering Research and Science*, 3(9), 34-39. https://dx.doi.org/10.24018/ejers.2018.3.9.901

Onur, S. (1990). Trabzon hurması. *Derim*, 7, 4-47.

Onwude, D. I., Hashim, N., Abdan, K., Janius, R., & Chen, G. (2018). The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. *Journal of Food Engineering*, 241, 75-87. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.008

Orsat, V., Changrue, V., & Vijaya Raghava, G.S. (2006). Microwave drying of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review*, 6, 4.

Overhults, D.D., White G.M., Hamilton M.E., & Ross, I.J. (1973). Drying Soybeans with Heated Air. *Transactions of the ASEA*, 16, 195-200.

Ozkan, I. A., Akbudak, B., & Akbudak, N. (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 577–583. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.026

Özcan, M.M., Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Uslu, N., Babiker, E.E., Ahmed, I.A.M., & Almusallam, I.A. (2021). Influence of drying techniques on bioactive properties, phenolic compounds and fatty acid compositions of dried lemon and orange peel powders. *Journal of Food Science and Technology*, 58 (1), 147 – 158. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04524-0

Page, G. (1949). Factors Influencing the Maximum Rates of Air-Drying Shelled Corn in Thin Layer. M.S. Thesis. *Department of Mechanical Engineering, Purdue University*, West Lafayette, IN, USA.

Park, Y., Jung, S., Kang, S., Delgado-Licon, E., Ayala, A. L. M., Tapia, M. S., Martín-Belloso, O., Trakhtenberg, S., & Goristein, S. (2006). Drying of persimmons (*Diospyros kaki* L.) and the following changes in the studied bioactive compounds and

the total radical scavenging activities. *LWT*, 39, 748-755. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.05.014

Pascual-Teresa, S., Moreno, D.A., & García-Viguera, C. (2010). Flavanols and Anthocyanins in Cardiovascular Health: A Review of Current Evidence. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 1679 – 1703. https://doi.org/10.3390/ijms11041679

Perussello, C.A., Kumar, C., de Castilhos, F., & Karim, M.A. (2014). Heat and mass transfer modeling of the osmo-convective drying of yacon roots (*Smallanthus sonchifolius*). *Applied Thermal Engineering*, 63(1), 23-32. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.10.020

Pinar, H., Çetin, N., Ciftci, B., Karaman, K., & Kaplan, M. (2021). Biochemical composition, drying kinetics and chromatic parameters of red pepper as affected by cultivars and drying methods. Journal of Food Composition and Analysis, 102, 103976. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103976

Qui, Y., Duan, Z., Zhou, S.Z., & Wei, Z. (2022). Effect of intermittent microwave drying on nutritional quality and drying characteristics of persimmon slices. *Research Square*, 1-20. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1553806/v1

Roberts, J. S., Kidd, D. R., & Padilla-Zakour, O. (2008). Drying kinetics of grape seeds. *Journal of Food Engineering*, 89(4), 460-465. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.05.030

Ruiz-López, I.I., Córdova, A.V., Rodríguez-Jimenez, G.C., & García-Alvarado, M.A. (2004). Moisture and temperature evolution during food drying: effect of variable properties. *Journal of Food Engineering*, 63(1), 117-124. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00290-5

Rybak, K., Wiktor, A., Kaveh, M., Dadan, M., Witrowa-Rajchert, D., & Nowacka, M. (2020). Effect of Thermal and Non-Thermal Technologies on Kinetics and the Main Quality Parameters of Red Bell Pepper Dried with Convective and Microwave–Convective Methods. *Molecules*, 27, 2164. https://doi.org/10.3390/molecules27072164

Sahan, Y., Gurbuz, O., Guldas, M., Degirmencioglu, N., & Begenirbas, A. (2017**).** Phenolics, antioxidant capacity and bioaccessibility of chicory varieties (Cichorium spp.) grown in Turkey. *Journal of Food Chemistry*, 217, 483-489. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.108

Sakaldaş, M., Kaçan, A., Şeker, M., & Kaynaş, K. (2013). 'Monroe' ve 'blake' geççi şeftali çeşitlerinde modifiye atmosfer paketleme uygulamasının muhafaza süresince meyve kalitesine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 1-8.

Samoticha, J., Wojdyło, A., & Lech, K. (2016). The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT – Food Science and Technology*, 66, 484 – 489. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.073

Sampaio, R. M., Neto, J. P. M., Perez, V. H., Marcos, S. K., Boizan, M. A., & Silva, L. R. (2017). Mathematical Modeling of Drying Kinetics of Persimmon Fruits (*Diospyros kaki* cv. Fuyu). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12789. https://doi.org/10.1111/jfpp.12789

Sarkar, T., Salauddin, M., Hazra, S.K., & Chakraborty, R. (2020). The impact of raw and differently dried pineapple (*Ananas comosus*) fortification on the vitamins, organic acid and carotene profile of dairy rasgulla (sweetened cheese ball). Heliyon, 6, e05233. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05233

Sarkar, T., Salauddin, M., Sheikh, H.I., Pati, S., & Chakraborty, R. (2022). Effect of drying on vitamin, carotene, organic acid, mineral composition, and microstructural properties of mango (*Mangifera indica*). Journal of Food Processing and Preservation, 46, e16237. https://doi.org/10.1111/jfpp.16237

Senadeera, W., Adiletta, G., Önal, B., Di Matteo, M., & Russo, P. (2020). Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. *Foods*, 9(1), 101. https://doi.org/10.3390/foods9010101

Senica, M., Veberic, R., Grabnar, J. J., Stampar, F., & Jakopic, J. (2016). Selected chemical compounds in firm and mellow persimmon fruit before and after the drying process. *Journal of the Science of Food and Agricultur*e, 96(9), 3140-3147. https://doi.org/10.1002/jsfa.7492

Shams Najafabadi, N., Sahari, M.A., Barzegar, M., & Esfahani, Z.H. (2017). Effects of concentration method and storage time on some bioactive compounds and color of jujube (*Ziziphus jujuba* var *vulgaris*) concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 2947 – 2955. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2733-2

Sharaf-Eldeen, Y.I., Blaisdell, J.L., & Hamdy, M.Y. (1980). A Model for Ear Corn Drying. *Transections of the ASAE*, 23, 1261-1271. https://doi.org/10.13031/2013.34757

Sharifian, F., Modarres-Motlagh, A., Komarizade, M.H., & Nikbakht, A.M. (2013). Colour Change Analysis of Fig Fruit during Microwave Drying. *International Journal of Food Engineering*, 9(1), 107–114. https://doi.org/10.1515/ijfe-2012-0211

Shehata, W.A., Akhtar, Md. S., & Alam, T. (2020). Extraction and Estimation of Anthocyanin Content and Antioxidant Activity of Some Common Fruits. *Trends in Applied Sciences Research*, 15 (2), 179 – 186.

Si, X., Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L., & Li, Z. (2016). Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 2055 – 2062. https://doi.org/10.1002/jsfa.7317

Song, W. D., Choo, Y. D., Kim, T. C., & Kang, S. M. (2005). Science and industry of persimmon in the Republic of Korea. *International Society for Horticultural Science*, 685, 21–28. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.685.1

Sonmete, M. H., Mengeş, H. O., Ertekin, C., & Özcan, M. M. (2017). Mathematical modeling of thin layer drying of carrot slices by forced convection. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 629-638. https://doi.org/10.1007/s11694-016-9432-y

Soysal, Y. (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*, 89(2), 167–173. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.07.008

Spongberg, S. A. (1991). Notes on persimmon, kakis, date plums, and chapotes. *The Arnold Arboretum of Harvard University*, 51(4), 47-54.

Sunjka, P.S., Rennie, T.J., Beaudry, C., & Raghavan, G.S.V. (2004). Microwave-Convective and Microwave-Vacuum Drying of Cranberries: A Comparative Study. *Drying Technology*, 22(5), 1217-1231. https://doi.org/10.1081/DRT-120038588

Tardugno, R., Gervasi, T., Nava, V., Cammilleri, G., Ferrantelli, V., & Cicero, N. (2021). Nutritional and mineral composition of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.) from Central and Southern Italy. *Natural Product Research*, https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1921768

Tepe, B., & Ekinci, R. (2021). Drying characteristics and some quality parameters of whole jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) during hot air drying. *Italian Journal of Food Science*, 33(1), 1-15. https://doi.org/10.15586/ijfs.v33i1.1947

Toğrul H, 2006. Suitable drying model for infrared drying of carrot. *Journal of Food Engineering*, 77 (3): 610-619. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.07.020

Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT – Food Science and Technology*, 80, 294 – 303. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.035

Torki-Harchehani, M., Ghanbarian, D., Pirbalouti, A.G., & Sadeghi, M. (2016). Dehydration behaviour, mathematical modelling, energy efficiency and essential oil yield of peppermint leaves undergoing microwave and hot air treatments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 407-418. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.078

Tunde-Akintunde, T.Y. (2011). Mathematical modeling of sun and solar drying of chilli pepper. *Renewable Energy*, 36, 2139-2145. https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.01.017

Tuzcu, Ö., & Yıldırım, B. (2000). Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) ve Yetiştiriciliği. *TÜBİTAK TARP Yayınları*, Adana.

Tülek, Y., & Demiray, E. (2014). Sıcak hava kurutma yönteminde farklı sıcaklık ve ön işlemlerin trabzon hurmasının renk ve kuruma karakteristiklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 27-37.

Tzempelikos, D.A., Vouros, A.P., Bardakas, A.V., Filios, A.E., & Margaris, D.P. (2014). Case studies on the effect of the air drying conditions on the convective drying of quinces. *Case Studies in Thermal Engineering*, 3, 79-85. https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.05.001

Vadivambal, R. Jayas, D. S. & White, N. D. G. (2007). Wheat disinfestation using microwave energy. *Journal of Stored Products Research*, 43(4), 508-514. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2007.01.007

Verma, L.R., Bucklin, R.A., Endan, J.B., & Wratten,F.T. (1985). Effects of Drying Air Parameters on Rice Drying Models. *Transactions of the ASEA*, 28, 296-301. https://doi.org/10.13031/2013.32245

Vitali, D., Dragojević, I.V., & Šebečić, B. (2009). Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chemistry*, 114(4), 1462–1469. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.032

Vivek, K., Subbarao, K.V., & Srivastava, B. (2021). Effect of Thin-Layer Drying on the Quality Parameters of Persimmon Slices. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 587-598. https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1919278

Wang, C.Y., R.P., & Singh, (1978). A Single Layer Drying Equation for Rough Rice. *ASAE* Paper No. 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.

Wang, J., Wang, J.S., & Yu, Y. (2007). Microwave drying characteristics and dried quality of pumpkin. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 148-156. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01170.x

Wei, Z., Duan, Z., Tang, X., Qin, Y., Zhou, S., Duan, W., Liu, Y. 2022. Efects of microwave drying on nutrient component and antioxidant activity of persimmon slices. Journal of Food Measurement and Characterization, 16, 1744–1753. https://doi.org/10.1007/s11694-021-01273-2

Woolf, A. B., Ball, S., Spooner, K. J., Lay-Yee, M., Ferguson, I. B., Watkins, C. B., Gunson, A., & Forbes, A. K. (1997). Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 11, 155-164. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)00024-0

Wray, D., & Ramaswamy, H.S. (2015). Novel Concepts in Microwave Drying of Foods. *Drying Technology*, 33 (7), 769-783. https://doi.org/10.1080/07373937.2014.985793

Yagcioglu, A., Degirmencioglu, A., & Cagatay, F. (1999). Drying Characteristic of Laurel Leaves under Different Conditions of Conditions. In: Bascetincelik A., editor. *Proceeding of the 7 th International Congress of Agricultural Mechanization and Energy*, p.565-569. Cukurova University, Adana, Turkey. 26-27 May.

Yilmaz, A., & Alibas, I. (2017). Determination of microwave and convective drying characteristics of coriander leaves. *Journal of Biological & Enviromental Science*, 11(32),75-85.

Yilmaz, A., & Alibas, I. (2021). The impact of drying methods on quality parameters of purple basil leaves. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15638. https://doi.org/10.1111/jfpp.15638

Yilmaz, A., Alibas, I., & Asik, B.B. (2021). The effect of drying methods on the color, chlorophyll, total phenolic, flavonoids, and macro and micronutrients of thyme plant. *Journal of Food Processing and Preservation*, e15915. https://doi.org/10.1111/jfpp.15915

Yu, D.U., Shrestha,B.L., & Baik, O.D. (2015). Thermal conductivity, specific heat, thermal diffusivity, and emissivity of stored canola seeds with their temperature and moisture content. *Journal of Food Engineering*, 165, 156-165. https://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.05.012

Zhao, C-C., Ameer, K., & Eun, J-B. (2021). Effects of various drying conditions and methods on drying kinetics and retention of bioactive compounds in sliced persimmon. *LWT*, 143: 111149. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111149

Zia, M.P., & Alibas, I. (2021a). The effect of different drying techniques on color parameters, ascorbic acid content, anthocyanin and antioxidant capacities of cornelian cherry. *Food Chemistry*, 364, 130358. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130358

Zia, M.P., & Alibas, I. (2021b). Influence of the drying methods on color, vitamin C, anthocyanin, phenolic compounds, antioxidant activity, and in vitro bioaccessibility of blueberry fruits. *Food Bioscience*, 42, 101179. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101179

Zielinska, M., & Michalska, A. (2016). Microwave-assisted drying of blueberry (Vaccinium corymbosum L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture. *Food Chemistry*, 212, 671 – 680. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.003

Zielinska, M., Ropelwska, E., & Zapotoczny, P. (2018). Effects of freezing and hot air drying on the physical, morphological and thermal properties of cranberries (Vaccinium macrocarpon). *Food and Bioproducts Processing*, 110, 40-49. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.04.006

Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B., & Marinos-Kouris, D. (1996). Moisture diffusivity data compilation in food stuffs. *Drying Technology*, 14, 2225–2253. https://doi.org/10.1080/07373939608917205