

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SICAK HAVA-MİKRODALGA KOMBİNASYONU İLE
KURUTULAN ARONYA MEYVESİNİN KURUMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MESUT FİDAN

DENİZLİ, EYLÜL - 2022

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**SICAK HAVA-MİKRODALGA KOMBİNASYONU İLE
KURUTULAN ARONYA MEYVESİNİN KURUMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MESUT FİDAN

DENİZLİ, EYLÜL - 2022

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Mesut FİDAN

ÖZET

**SICAK HAVA-MİKRODALGA KOMBİNASYONU İLE KURUTULAN
ARONYA MEYVESİNİN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN
BELİRLENMESİ VE OPTİMİZASYONU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MESUT FİDAN
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. SAMİ GÖKHAN ÖZKAL)

DENİZLİ, EYLÜL - 2022

Bu araştırmada, aronya meyvesinin sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonlarına ait kuruma karakteristikleri araştırılmıştır. 50, 60 ve 70°C sıcaklıklar ile 90, 180 ve 360W mikrodalga güçleri olmak üzere toplamda 15 kombinasyonla kurutma işlemleri yapılmıştır. Bu farklı kombinasyonların kuruma süresi, kuruma hızı ve meyvenin kalite parametreleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Aronya meyvesine ait kurutma kinetiği çalışmasında yararlanılan modellerden en uygun modelin Page ve Modifiye Page model olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada aronya meyvesinin antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişimler belirlenip, farklı kombinasyonlarda yapılan kurutmaların meyvelerin kalitesi üzerinde etkisi araştırılmıştır. Sıcak hava ve mikrodalganın renk üzerine etkileri gözlemlenmiştir.

Çalışmada ayrıca sıcaklık (50, 60 ve 70 °C), mikrodalga gücü (0, 180, 360 W) gibi kurutma faktörleri bağımsız değişken olarak ve toplam fenolik madde değişimi, toplam antioksidan aktivite değişimi, toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimi ve kuruma süresi cevap olarak belirlenerek yanıt yüzey yöntemi ile kurutma işleminin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Kurutulan aronya meyvesinin optimum koşul olarak 50 °C sıcaklık ve 357 W mikrodalga gücü olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, sıcak havayla beraber kombine edilen mikrodalga gücünün aronya meyvesinin kuruma süresini azalttığı, kuruma hızını ve etkin difüzyon katsayısını arttırdığı saptanmıştır. Meyvelerin kurutma işleminden sonra genel olarak rengini koruduğu görülürken, 360 W ve kombinasyonlarıyla yapılan tüm kurutmalarda aronya meyvesinde kararmalar görülmüştür. Aronya meyvesinin kurutulması sonucu antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve toplam monomerik antosiyanin değerlerinde azalma tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Aronya Meyvesi, Kurutma, Sıcak Hava, Mikrodalga, Optimizasyon, Kurutma Kinetiği

ABSTRACT

DETERMINATION AND OPTIMIZATION OF DRYING CHARACTERISTICS OF ARONIA FRUIT DRIED BY HOT AIR- MICROWAVE COMBINATION

MSC THESIS

MESUT FİDAN

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING**

(SUPERVISOR: PROF. DR. SAMİ GÖKHAN ÖZKAL))

DENİZLİ, SEPTEMBER 2022

In this study, the drying characteristics of aronia fruit in hot air, microwave and hot air-microwave combinations were investigated. Drying processes were carried out with a total of 15 combinations of temperatures of 50, 60 and 70°C and microwave powers of 90, 180 and 360W. The effects of these different combinations on drying time, drying rate and fruit quality parameters were investigated. It has been determined that the most suitable model among the models used in the drying kinetics study of aronia fruit is the Page model and Modified Page model.

In the study, the changes in antioxidant activity, total phenolic substance and total monomeric anthocyanin contents of aronia fruit were determined and the effect of drying made in different combinations on the quality of the fruits was investigated. The effects of hot air and microwave on color were observed.

In the study, drying factors such as temperature (50, 60 and 70 °C), microwave power (0, 180, 360 W) were used as independent variables, and total phenolic substance change, total antioxidant activity change, total monomeric anthocyanin content change and drying time were the responses. The drying process was optimized by the response surface methodology. The optimum condition of dried aronia fruit was calculated as 50 °C temperature and 357 W microwave power.

As a result, it was determined that microwave power combined with hot air decreased the drying time of the aronia fruit, increased the drying rate and the effective diffusion coefficient. While it was observed that the fruits generally retained their color after drying, darkening of the aronia fruit was observed in all drying made with 360 W and combinations. Antioxidant activity, total phenolic substance and total monomeric anthocyanin values were decreased as a result of drying of aronia fruit.

KEYWORDS: Aronia Fruit, Drying, Hot Air, Microwave, Optimization, Drying Kinetics

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Aronya Meyvesinin Kimyasal Bileşenlerinin İncelenmesi	5
1.2 Meyve ve Sebzelerde Kurutma İşleminin Önemi	8
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
3. KURAMSAL BİLGİLER.....	14
3.1 Gıdalarda Kurutma Yöntemleri.....	14
3.1.1 Kurutmada Kullanılan Doğal Yöntemler.....	14
3.1.2 Kurutmada Kullanılan Yapay Yöntemler	14
3.1.2.1 Hibrit Kurutma	15
3.2 Optimizasyon.....	17
3.2.1 Cevap yüzey metodu.....	18
4. MATERYAL VE YÖNTEM	19
4.1 Materyal.....	19
4.1.1 Kullanılan Cihazlar	19
4.1.1.1 Hibrit Kurutma Fırını	19
4.1.1.2 Spektrofotometre.....	20
4.1.1.3 Renk Ölçüm Cihazı	20
4.1.1.4 Su Aktivitesi Ölçüm Cihazı	21
4.2 Yöntem	22
4.2.1 Örneklerin Kurutulması	22
4.2.2 Analizler.....	22
4.2.2.1 Nem Miktarı ve Su Aktivitesi	22
4.2.2.2 Renk Analizi.....	23
4.2.2.3 Toplam Antioksidan Aktivite Analizi.....	23
4.2.2.4 Toplam Fenolik Madde Analizi	24
4.2.2.5 Toplam Monomerik Antosiyanin Analizi	25
4.3 Kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalar	26
4.3.1 Nem içeriğinin hesaplanması.....	26
4.3.2 Kuruma hızının hesaplanması.....	26
4.3.3 Nem oranının hesaplanması.....	27
4.3.4 Kalite Parametrelerindeki Değişimlerin Hesaplanması	27
4.3.5 Etkin Difüzyon Katsayısının Hesaplanması	27
4.4 Modelleme Çalışmaları	28
4.4.1 Kurutma kinetiği için kullanılan modellemeler	28
4.4.1.1 Model 1: Lewis	28
4.4.1.2 Model 2: Page	28
4.4.1.3 Model 3: Henderson ve Pabis	29
4.4.1.4 Model 4: Logaritmik	29

4.4.1.5 Model 5: Modifiye Page.....	29
4.5 İstatistiksel Analiz	30
5. BULGULAR	31
5.1 Kurutmanın Aronya Meyvelerinin Kuruması Üzerindeki Etkisi	31
5.1.1 Nem İçeriğinde Meydana Gelen Değişim	31
5.1.2 Kuruma Hızında Meydana Gelen Değişim.....	36
5.1.3 Kurutmaya bağlı renk değişimi.....	40
5.1.4 Toplam Fenolik Madde, Antioksidan Aktivite Değişimi ve Toplam Monomerik Antosiyanin Değişimi	45
5.1.5 Kurutma Kinetiği ve Modelleme	54
5.1.6 Etkin Difüzyon Katsayısı.....	86
5.2 Kurutulmuş Aronya Meyvesinin Yüzey Yanıt Yöntemi ile Optimizasyonu.....	89
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	103
7. KAYNAKLAR.....	109
8. EKLER.....	120
EK A Aronya Meyvesini Kurutma İşleminde Hesaplanan Hız ve Kinetik için Gerekli Olan Veriler	120
EK B Çalışma ile ilgili Fotoğraflar	136
9. ÖZGEÇMİŞ	140

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1: Aronya örneklerinin kuruma süreleri (0,32 g su/g kuru madde nem içeriğine kadar).....	36
Tablo 5.2: Taze ve kurutulmuş aronya meyvesine ait L* değerleri ve yüzde değişimleri.....	40
Tablo 5.3: Taze ve kurutulmuş aronya meyvesine ait a* değerleri ve yüzde değişimleri.....	41
Tablo 5.4: Taze ve kurutulmuş aronya meyvesine ait b* değerleri ve yüzde değişimleri.....	43
Tablo 5.5: Farklı kurutma şartlarında kurutulan aronya meyvelerine antioksidan aktivite miktarlarının taze meyvelere göre değişimi.....	46
Tablo 5.6: Farklı kurutma şartlarında kurutulan aronya meyvelerine ait toplam fenolik madde miktarlarının taze meyvelere göre değişimi.....	47
Tablo 5.7: Farklı kurutma şartlarında kurutulan aronya meyvelerine ait toplam monomerik antosiyanin miktarlarının taze meyvelere göre değişimi.....	48
Tablo 5.8: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 90W mikrodalga gücü koşulu için istatistiksel veriler.....	56
Tablo 5.9: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 180W mikrodalga gücü koşulu için istatistiksel veriler.....	58
Tablo 5.10: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 360W mikrodalga gücü koşulu için istatistiksel veriler.....	60
Tablo 5.11: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcak hava koşulu için istatistiksel veriler.....	60
Tablo 5.12: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	62
Tablo 5.13: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	64
Tablo 5.14: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	66
Tablo 5.15: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcak hava için istatistiksel veriler.....	68
Tablo 5.16: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	71
Tablo 5.17: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	74
Tablo 5.18: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	76
Tablo 5.19: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcak hava için istatistiksel veriler.....	78
Tablo 5.20: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	80
Tablo 5.21: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	82

Tablo 5.22: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler.....	84
Tablo 5.23: Kurutma koşulları farklı olan aronya meyvelerine ait etkin difüzyon katsayısı değerleri.....	87
Tablo 5.24: Aronya meyvesi kurutulması işleminin Merkezi Kompozit Tasarım modeline göre bağımsız değişkenler ve yanıtların deneysel ve tahmini değerleri.....	90
Tablo 5.25: Kurutulan aronya meyvesinin toplam antioksidan aktivitesi yüzde kaybının yanıtı için model analizi	91
Tablo 5.26: Kurutulan aronya meyvesinin toplam fenolik madde yüzde kaybının yanıtı için model analizi	92
Tablo 5.27: Kurutulan aronya meyvesinin toplam monomerik antosiyanin içeriği yüzde kaybının yanıtı için model analizi.....	93
Tablo 5.28: Kurutulan aronya meyvesinin kuruma süresi değişiminin yanıtı için model analizi	94
Tablo 5.29: Kuadratik ve lineer model denklem katsayıları	95
Tablo 5.30: Kurutulan aronya meyveleri için yüzey yanıt metodu ile belirlenen optimum koşul ve bu optimum koşuldaki deneysel ve tahmini toplam antioksidan aktivite değişimi, toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimi ve kuruma süresi değerleri	102
Tablo A.1: 90W mikrodalga gücü kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	120
Tablo A.2: 180W mikrodalga gücü kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	121
Tablo A.3: 360W mikrodalga gücü kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	122
Tablo A.4: 50°C sıcak hava kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	123
Tablo A.5: 60°C sıcak hava kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	124
Tablo A.6: 70°C sıcak hava kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	125
Tablo A.7: 50°C – 90W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	126
Tablo A.8: 50°C – 180W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	127
Tablo A.9: 50°C – 360W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	128
Tablo A.10: 60°C – 90W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	129
Tablo A.11: 60°C – 180W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	130
Tablo A.12: 60°C – 360W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	131
Tablo A.13: 70°C – 90W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	132
Tablo A.14: 70°C – 180W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	133
Tablo A.15: 70°C – 360W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri	134
Tablo A.16: Farklı kurutma koşullarının kurutma sonrası su aktiviteleri	135

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Aronya (A. melanocarpa (Michx.) Elliot) Meyvesi	1
Şekil 3.1: Hibrit kurutmada ısı transferi (Karimi ve ark. 2021)	16
Şekil 4.1: Siemens marka Ankastre Kurutucu	19
Şekil 4.2: Spektrofotometre	20
Şekil 4.3: Renk Ölçüm Cihazı	21
Şekil 4.4: Su Aktivitesi Cihazı	21
Şekil 5.1: Mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi.....	33
Şekil 5.2: 50°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi	33
Şekil 5.3: 60°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi	34
Şekil 5.4: 70°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi	34
Şekil 5.5: Mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi	37
Şekil 5.6: 50°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi	37
Şekil 5.7: 60°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi	38
Şekil 5.8: 70°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi	38
Şekil 5.9: 90W mikrodalga ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	56
Şekil 5.10: 90W mikrodalga ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	57
Şekil 5.11: 90W mikrodalga ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Lewis model hesaplamalarına göre kıyaslanması	57
Şekil 5.12: 180W mikrodalga ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	58
Şekil 5.13: 180W mikrodalga ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	59
Şekil 5.14: 360W mikrodalga ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	61
Şekil 5.15: 360W mikrodalga ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	61
Şekil 5.16: 50°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	61
Şekil 5.17: 50°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	61

Şekil 5.18: 50°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	62
Şekil 5.19: 50°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	63
Şekil 5.20: 50°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	65
Şekil 5.21: 50°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	65
Şekil 5.22: 50°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	66
Şekil 5.23: 50°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	67
Şekil 5.24: 60°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	68
Şekil 5.25: 60°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	69
Şekil 5.26: 60°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Lewis model hesaplamalarına göre kıyaslanması	70
Şekil 5.27: 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	72
Şekil 5.28: 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	72
Şekil 5.29: 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Lewis model hesaplamalarına göre kıyaslanması	73
Şekil 5.30: 60°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	75
Şekil 5.31: 60°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	75
Şekil 5.32: 60°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	77
Şekil 5.33: 60°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	77
Şekil 5.34: 70°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	79
Şekil 5.35: 70°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	79

Şekil 5.36: 70°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	81
Şekil 5.37: 70°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	81
Şekil 5.38: 70°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	83
Şekil 5.39: 70°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	83
Şekil 5.40: 70°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	85
Şekil 5.41: 70°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyveleri MR verilerinin Deneysel ile Modifiye Page model hesaplamalarına göre kıyaslanması	85
Şekil 5.42: Kurutma koşulları farklı olan aronya meyvelerinin kuruma zamanına bağlı $\ln(MR)$ değerlerinin değişimi	86
Şekil 5.43: Kurutulan aronya meyvesi için toplam antioksidan kapasitesi yüzde kaybının yüzey grafiği	97
Şekil 5.44: Kurutulan aronya meyvesi için toplam fenolik madde yüzde kaybının yüzey grafiği	98
Şekil 5.45: Kurutulan aronya meyvesi için toplam monomerik antosiyanin içeriği yüzde kaybının yüzey grafiği	100
Şekil 5.46: Kurutulan aronya meyvesi için kuruma süresinin yüzey grafiği..	101
Şekil B.1: 15 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi	136
Şekil B.2: 30 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi	136
Şekil B.3: 60 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi	137
Şekil B.4: 75 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi	137
Şekil B.5: 100 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi	138
Şekil B.6: 125 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi	138
Şekil B.7: 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi depolanma aşaması	139
Şekil B.8: 105°C sıcaklıkta nem tayini için sabit tartıma düşünceye kadar bekletilen aronya meyvesi örnekleri	139

SEMBOL LİSTESİ

Deff	:	Etkin difüzyon katsayısı
g	:	Gram
k	:	Reaksiyonun hız sabiti
KM	:	Örneğin içerdiği kuru madde miktarı
L*, a*, b*	:	Renk uzayının koordinatları
m	:	Örnek ağırlığı
M₀	:	Başlangıç aşamasındaki nem içeriği
M_e	:	Denge anındaki nem içeriği
M_{t+d_t}	:	t+d _t anındaki nem içeriği
MR	:	Nem oranı
M_t	:	Herhangi bir t anında bulunan nem içeriği
RMSE	:	Hataların karelerinin karekök ortalaması
r_s²	:	Aronya meyvesinin yarıçap uzunluğu
t	:	Kuruma zamanı
W	:	Watt
χ²	:	Ki-kare

ÖNSÖZ

Bu yaptığım araştırmada tez konusunun belirlenmesinde savunmama kadar geçen sürede bana her zaman yardımcı olan değerli hocam sayın Prof. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL'a minnetlerimi sunmaktayım.

Çalışmalarım esnasında benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, her zaman yardımcı olan ve kahrımı çeken değerli hocalarım Arş. Gör. Özlem ZAMBAK, Öğr. Gör. Sanem TÜFEKÇİ ve Arş. Gör. Betül KAPLAN YELER hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışmada laboratuvar ve ekipman yönünden yardımcı olan Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Başkanlığına ve bilgilerini benimle paylaşan saygıdeğer hocalarıma teşekkürlerimi iletiyorum.

Tez çalışmalarım esnasında bana her daim yardımcı olup çoğunlukla kahrımı çeken güzel sevgilim iğdem şAHİN'e ve arkadaşarımdan Julide Gamze YAZAR, Ecem ÖNEL, Ayşe GÜRÇAN ve ismini unutup yazamadığım diğer arkadaşarıma desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her anımda yanımda olan aileme sonsuz olarak müteşekkiri kalacağım.

1. GİRİŞ

Aronya meyvesi (Şekil 1.1) Rosaceae familyasında yer alır. Çok sapsız çalı tipi bitkisidir ve sadece belirli dönemlerde yaprak dökmektedir. Halk arasında ise daha çok chokeberry adıyla bilinmektedir. Bu meyvenin kökeni Kuzey Amerika'dır. Çalışmalarımızda kullanılan meyve, Aronya cinsi içerisinde yer alan türlerden biri kabul edilen *Aronia melanocarpa* türüdür (Jeppsson 2000).

Aronya cinsinin 3 alt türü mevcuttur:

- *A. arbutifolia* (L.) Pers – Kırmızı aronya meyvesi
- *A. prunifolia* (Marsh.) Rehd. – Mor aronya meyvesi
- *A. melanocarpa* (Michx.) Elliot – Siyah aronya meyvesi



Şekil 1.1: Aronya (*A. melanocarpa* (Michx.) Elliot) Meyvesi (Jeppsson 2000)

Bu bilgilere ek olarak bu meyvenin Avrupa'da birçok önemli genotipi bilinmektedir. Bunlar: Aron (Danimarka), Nero (Çekya ve Türkiye), Viking (Finlandiya ve Türkiye), Rubin (Rusya ve Finlandiya), Kurkumäcki (Finlandiya), Hugin (İsveç), Fertödi (Macaristan), Albigowa, Dabrowice, Egerta, Kutno, Wies, Nova, Hakkija, Ahonnen, Serina, Autum Magic, McKenzie, Morton, Galicjanka (Polonya) (Jitka 2014).

Don ve soğuk hava şartlarına dayanıklı olan bu meyve Rusya’da yapılan araştırmalar sonucunda 1900’li yıllarda Rusya’ya getirilmiştir (Leonard P., 2013). Ancak Rusya’da ticari olarak üretimine 1940’lı yıllarda başlanmıştır. Doğu Avrupa’da ise 1950’li yıllarda başlamıştır. 1970’li yıllarda Japonya’da, Orta Avrupa’da ise 1980’li yıllarda yetiştirilmeye başlanmıştır (Kulling 2008).

Günümüzde Aronya meyvesinin yetiştirildiği ülkelerin başında Polonya gelmektedir. Yaklaşık olarak dünya üretiminin %90’ı Polonya tarafından karşılanmaktadır. 2013 verilerine göre Aronya meyvesinin üretim alanı 6.000 hektar, üretim miktarı ise 50.000 ton seviyelerine ulaşmaktadır. Daha sonra Polonya’yı yıllık 1.434 ton üretim ile Almanya takip etmektedir (Poyraz Engin ve ark 2019).

Tablo 1.1: Aronya üretici ülkelerin üretim alanları ve miktarları (Kulling 2018)

Ülkeler	Üretim Alanları (ha)	Üretim Miktarları (ton)
Polonya	6.000	50.000
Almanya	853	1.434
ABD	800	2.500
Finlandiya	60	4
Türkiye	78	130

Ülkemizde ise bu meyvenin yetiştirilmesine 2012 yılında Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü’nde fidan üretimi ile başlanmıştır. Daha sonra Kırklareli ve Yalova’da bahçeler oluşturulmuştur. Ticari yönden ise 2017 yılında Marmara ve Karadeniz bölgesinde büyük bahçeler oluşturulmuştur. Günümüzde Yalova, Kırklareli, Manisa, İstanbul, Sakarya, Giresun, Bursa, Bilecik, Tekirdağ, Bolu ve Çanakkale şehirlerinde Aronya meyvesinin yetiştiriciliği yapılmaktadır (Poyraz Engin ve ark. 2019).

Tablo 1.2: Ülkemizde aronya üretim alanları ve fidan sayıları (Poyraz Engin ve ark. 2019)

Şehirler	Fidan Sayısı (adet)	Üretim Alanı (da)
Kırklareli	40.000	240
Bursa	23.500	141
Manisa	15.000	90
Kırşehir	8.000	48
Yalova	8.000	48
Çanakkale	7.000	42
Samsun	6.000	36
İzmir	5.000	30
Antalya	3.000	18
İstanbul	3.000	18
Ordu	3.000	18
Ankara	2.000	12
Bolu	2.000	12
Sakarya	1.500	9
Giresun	1.000	6
Çorum	500	3
Amasya	500	3
Tekirdağ	500	2
Trabzon	300	1
Toplam	129.800	777

Aronya bitkisi yaklaşık 2-3 metre yüksekliğe kadar büyüebilmektedir. Bir tane fidanda Mayıs ve Haziran aylarında 20-30 civarında küçük beyaz çiçekler açmaktadır. Bu çiçeklerde oluşacak meyvelerin boyutu ise 6-13 mm ve tane ağırlığı ise 0,5-2 g arasında değişmektedir. Aronya, -30 °C sıcaklıklarda bile canlılığını tamamen kaybetmemektedir. Bu yüzden çiçeklenme zamanı geç olmasına rağmen ilkbahar donlarına oldukça dayanıklı bir bitkidir (Ochmian 2012).

Aronya meyvesi üzerinde yapılan çalışmalar, üzüksü meyveler arasında yüksek antioksidan kapasite ve antosiyanin miktarına sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır (Kulling 2008).

Aronya meyvesi yüksek polifenol içeriđinden dolayı acı ve ekři bir tada sahiptir (Janković ve ark. 2016).

Bu fenolik bileşikler; proantosiyanidinler, antosiyaninler (560-1050 mg, 100 g taze meyve), flavonoller ve flavanonlardır. Diğer meyve türleriyle karşılaştırıldığında, aronya meyvelerinde nispeten yüksek antioksidan kapasite değerleri bildirilmiştir. Ayrıca aronya meyvesi yüksek oranda siyanidin-3-arabinosid ve siyanidin-3-galaktosid fenolik bileşenlerine sahiptir. Bu durum aronya meyvesinde tipik bir özelliktir (Ochmian 2012).

Meyvenin rengi, renk bileşiklerinin türünü ve miktarını yansıtmaktadır. Bu durum kalite ve ürünün cazibesi açısından önemli bir durum olmakla birlikte tüketiciler açısından daha yoğun ve doğal renkli ürünler oldukları için tercih sebebidir. Aynı zamanda bu durum Aronya meyvesinde çeşitliliğin karakteristik bir özelliğidir. Aronya meyve suyunun rengi ise koyu kırmızıdan mor renge kadar değişebilmektedir. Bu rengi sağlayan antosiyaninlerdir ve çoğunlukla bunlar üzüksü meyvelerde bulunan kırmızı pigmentlerdir (Ochmian 2012).

Bu meyvelerin insan sağlığı için yararlı olmasının nedeni antioksidan içeriklerinin fazla olması ve diğer üzüksü meyvelerin de aktif bileşeni olan fenolik bileşiklerdir. Ayrıca üzüksü meyveler fenolik bileşikler, organik asitler, antosiyaninler, taninler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenleri fazlasıyla içermektedir (ağlar ve ark. 2017).

Aronya meyvesinin sağlık açısından faydalı olmasının sebebi polifenollerden olduğu düşünölmektedir. Polifenoller, serbest radikalleri süpürme, oksijen radikallerinin emilmesi ve metal iyonlarının şelatlanması gibi güçlü antioksidan yetenekleri nedeniyle sağlığa olumlu katkılarda bulunmaktadır. Bu katkılar, kanda bulunan halk arasında kötü kolesterol olarak bilinen düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyesini düşürerek kardiyovasküler hastalıkların önünde engelleyici bir etki göstermektedir (ağlar ve ark. 2017).

Polifenoller, kandaki glikoz seviyesini düşürerek diyabet riskini azaltmaktadır. Bunun dışında gastrointestinal sistemi de korumaktadır (Petković ve ark. 2019)

1.1 Aronya Meyvesinin Kimyasal Bileşenlerinin İncelenmesi

Aronya meyvesinin kimyasal bileşenleri, çeşit, yetiştirildiği yer, yıllık hava koşulları, gübreleme, meyve olgunluğu ve hasat zamanı gibi faktörlere bağlıdır. Taze Aronya meyvesi ve Aronya meyve suyu, kimyasal bileşimi içerisinde bulunan yüksek sorbitol ve polifenol içeriği sayesinde diğer meyvelerden ayırt edilebilmektedir (Kulling 2008).

Aronya meyvesinin kuru madde içeriği %17-29 arasında değişmektedir. Suda çözünmeyen madde içeriğide %5-10 arasında değişmektedir (Kulling 2008).

Ayrıca diyet lifi içeriği de ortalama 5,62 g / 100 g (taze meyve) civarındadır. İçerdiği organik asitler taze meyvenin %1-1,5'i kadardır. Bu asitlerden L-malik asit ve sitrik asit baskındır. Aronya meyve suyunun pH'ı ortalama 3,3 ile 3,9 arasında değiştiği gözlenmektedir (Kulling 2008).

Taze aronya meyvesinde indirgeyici şeker içeriği yaklaşık %16-18 arasındadır. Farklı çalışmalarda ise toplam glikoz ve früktoz içeriği %13-17,6 arasında tespit edilmiştir. Taze sıkılmış Aronya meyve suyunda glikoz içeriği ortalama 41 g/L, früktoz içeriği ise 38 g/L olarak tespit edilmiştir. Ortalama sorbitol miktarı ise taze meyve suyunda 80 g/L ve pastörize edilmiş meyve suyunda ise 56 g/L bulunmuştur. Sorbitol, diyet gıdalarında sıklıkla kullanılan bir şeker ikamesidir. Ayrıca uyarıcı olmayan laksatif etkiye sahiptir (Kulling 2008).

Aronya meyvesinde yağ ve protein içeriği oldukça düşüktür. 100 g taze meyvede ortalama 0,14 g yağ içeriği ve 0,7 g protein içeriği bulunmaktadır. Taze meyvelerin mineral içeriği ise 100 g taze meyvede 440-580 mg arasında değişmektedir (Kulling 2008).

Ayrıca bu meyve B vitaminlerini (B1, B2, B6, Niasin, Pantotenik Asit), C vitamini (13-270 mg/kg), B-Karoten (7,7-16,7 mg/kg) içermektedir. Meyvelerden elde

edilen siyanojenik bir glikozit olan amigdalin'in, 100 g taze Aronya meyvesi içerisindeki miktarı yaklaşık 20 mg'dır (Šnebergrová 2014).

Fenolik bileşikler, tıbbi açıdan öneme sahip olan ve Aronya meyvesindeki en önemli bileşenlerdendir. Aronya meyvelerinde yüksek miktarda prosiyanidin, antosiyanin ve fenolik asit içermektedir. Aronya meyvesinde tespit edilen polifenolik bileşenlerin çoğunluğunu prosiyanidinler, oligomerik ve polimerik (epi)kateşinler (1578-8191 mg/100mg kuru ağırlık) oluşturmaktadır (Šnebergrová 2014).

Meyve içerisinde antosiyanin miktarı yaklaşık olarak 100 g taze meyvede 460 mg civarındadır. Antosiyanin miktarının %64'ünü siyanidin-3-galaktosid ve %29'unu siyanidin-3-arabinosid oluşturmaktadır. (Tablo 1.3) Bu antosiyaninler meyvenin hem kabuğunda hem de etinde bulunmaktadır. Ayrıca bu meyve fenolik asit (klorojenik asit ve neoklorojenik asit) içeriğiyle de zengindir. Yaklaşık olarak 100 g taze meyvede 96 mg'dır (Šnebergrová 2014).

Tablo 1.3: Aronya meyvesinde bulunan bazı Fenolik Bileşenler

Fenolik Bileşenler	Aronya Meyvesi (mg/100mg taze meyvede)	Referans
Toplam Prosiyadinler	5182	(Oszmianski 2005)
Toplam Antosiyaninler	307-631	(Seidemann 1993)
	1480	(Wu 2004)
	461	(Benvenuti 2004)
	1959	(Oszmianski 2005)
Sy-3-arabinosid	582	(Oszmianski 2005)
Sy-3-galaktosid	1282	(Oszmianski 2005)
Sy-3-glukosid	42	(Oszmianski 2005)
Sy-3-ksilosid	53	(Oszmianski 2005)

Aronya meyve suyunun (Tablo 1.4) TEAC metoduna göre antioksidan kapasitesi yaban mersini ve kara kiraz suyuna göre 4 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Antosiyaninlerin taze Aronya meyvesinde toplam antioksidan

aktiviteye katkısı %33 civarındadır. Bu katkı Aronya meyve suyunda daha fazladır (Kulling 2008).

Tablo 1.4: Farklı meyve sularında TEAC metoduna göre antioksidan potansiyeli

Meyve Suyu	TEAC ($\mu\text{mol/mL}$)	Örnek Sayısı	Referans
Aronya Suyu	65-70	5	(Wiese 2008)
Nar Suyu	41,6	1	(Seeram 2008)
Yaban Mersini Suyu	13,3-17,1	3	(Gil 2000)
Kara Kiraz Suyu	11,4-17,8	3	(Seeram 2008)
Turna Yemişi Suyu	6,7-14,8	3	(Seeram 2008)
Portakal Suyu	3,4-4,8	3	(Seeram 2008)
Elma Suyu	2,7-4,3	3	(Seeram 2008)
Kırmızı Şarap	17,1-19,8	3	(Seeram 2008)

Tablo 1.5: Aronya meyvesinin antioksidan kapasitesi (ORAK metodu), antosiyanin içeriği, fenolik bileşik içeriği ve askorbik asit içeriği

İncelenen Analizler	Miktar	Referans
Toplam Fenolik İçeriği (mg/100g taze meyvede)	662,5	(Borowka 2003)
	690,2	Benvenuti 2004)
Antosiyanin İçeriği (mg/100g taze meyvede)	311,02	(Borowka 2003)
	428	(Zheng 2007)
	460,5	Benvenuti 2004)
Antioksidan Kapasitesi ($\mu\text{mol Trolox/g}$)	160,2	(Zheng 2003)
	158,2	(Wu 2004)
Vitamin C (mg/kg taze meyve)	137	(Tanaka 2001)
	13-270	(Lehmann 1990)

1.2 Meyve ve Sebzelerde Kurutma İşleminin Önemi

Kurutma işlemi, gıdaları muhafaza etmek amacıyla kullanılan en eski ve uygulama alanı en geniş yöntemlerden biridir. Kurutma dışında, soğutma, dondurulma, kimyasal maddeler ile muamele etme, bozulma reaksiyonlarını hızlandıran oksijen gazının olmadığı veya sadece inört gazların bulunduğu ortamlarda depolama, ultraviyole ve radyoaktif ışınlar kullanma gibi yöntemleri kullanarak meyve ve sebzeleri uzun süreli muhafaza edebiliriz (Yağcıoğlu 1996).

Kurutma işlemi, kurutulacak ürünlerin mikrobiyal ve su aktivitesini azaltıp hacimsel olarak küçülterek nakliye ve depolama işlemlerini daha uygun hale getirmek için endüstride kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir (Sonmete 2016).

Özellikle yüksek nem içeriği taze meyve ve sebzelerde önemli bir problemdir. Kısa sürede mikrobiyal bozulma ve istenmeyen enzimatik reaksiyonlar bu ürünlerin raf ömrünü oldukça azaltmaktadır (Saavedra 2017).

Kurutma, mikroorganizmaların gelişimini engellediği ve bazı istenmeyen enzimatik reaksiyonları sınırlandırdığı için meyve ve sebzelerde kalite ve stabilitenin korunmasını sağlayan en etkili hasat sonrası yöntemdir (Wang 2017).

Kurutmanın avantajlarının yanında dezavantajları da vardır. Kurutulan meyve ve sebzeler bu işlemle birlikte besin bileşenlerinde kayıplara maruz kalmaktadır. Kurutma işlemi süresince stabil olmayan şartlar, bu işlem için uygun olan çalışma parametrelerinin belirlenmesini zorlaştırır (Saavedra 2017).

Gelişmekte olan teknolojiyle birlikte günümüzde kurutma işlemi gerçekleşirken sıcaklık, ağırlık, güç ve renk gibi bazı parametreler takip edilebilmektedir. Kurutma işleminde ürün kalitesiyle birlikte zaman ve enerji verimliliğinin optimizasyonu önemli bir kriterdir (Pu 2016).

Güneşte kurutma işlemi, kurutma yöntemleri arasında ekonomik açıdan en uygun yöntemlerden birisidir. Fakat olumsuz yönleri ve kurutma işlemindeki önemli parametrelerin kontrolünün sağlanamamasından ötürü farklı kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan en çok tercih edilen yöntemlerden biri sıcak havalı kurutmadır. Bu yöntemde ise besin ve aroma bileşenlerinde kayıplar, fiziksel olarak

sertleşme, büzüşme ve renk değişimi gibi kaliteyi olumsuz etkileyebilecek durumlar görülebilmektedir. Bu olumsuzlukların minimize edilebilmesi için kurutma işlemindeki parametrelerin optimizasyonu çok önemlidir (Cemeroğlu 2003).

Mikrodalga uygulamaları son zamanlarda gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mikrodalgalar, dondurulmuş ürünlerin çözündürülmesi, pastörizasyon, sterilizasyon, gıdaların kurutulması ve pişirilmesi gibi amaçlar doğrultusunda gıda sektöründe tercih edilmektedir. Mikrodalgaların çalışma prensibine göre gıda içerisindeki kimyasal maddeler doğrudan ve merkezden ısınırken gıda içerisindeki sıcaklık değişimi en düşük seviyededir. Bu sayede geleneksel yöntemlere göre ısıtma işleminde enerjiden ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır (Gümüşderelioğlu 2012).

Belki de en önemlisi ısıtma işleminin kısa süreli olması nedeniyle gıdaların besin içerikleri ve diğer kalite unsurları korunmaktadır (Sezer 2015).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Petković ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada konvektif kurutma yöntemi ile 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda taze aronya meyvelerini kuruttular. Bu çalışmanın amacı kurutulan meyvelerin tozu ile ekmeğin biyoaktif bileşenlerini zenginleştirmektir. Kurutma sıcaklıklarının, kurutulmuş meyvelerin ve kurutulmuş meyvelerden üretilmiş meyve tozlarının özellikleri üzerinde önemli ölçüde farklı etkileri olduğu saptanmıştır. 50°C sıcaklıkta maksimum kuruma hızı 59 g/saat, 60 °C'de 102 g/saat ve 70 °C'de 115 g/saat idi. Kuruma süreleri ise sırasıyla 37 saat, 27 saat ve 23 saat sürmüştür. 50 °C'deki kurutma sıcaklığı, taze aronya meyvesinin biyoaktif bileşenlerine (antosiyantinler, flavonoidler, toplam fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitesi) en az zararı vermiştir. 50 °C sıcaklıkta kurutulmuş aronya meyvesi diğer sıcaklıklarda kurutulmuş aronya meyvesine göre daha yüksek toplam antosiyantin miktarına, toplam flavonoidlere, fenolik bileşiklere ve antioksidan aktiviteye sahip olmuştur. Bunun yanında 50 °C bir sıcaklıkta kurutma işlemi daha uzun kuruma süresi, daha yüksek enerji ihtiyacı gerektirdi. Fakat 50 °C'de kurutulan meyvenin tozları ekmeğe eklendiğinde diğerlerine göre duyuşal açıdan daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Horszwald ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada aronya meyve suyunu sprey kurutma, dondurularak kurutma ve 40-80°C sıcaklık aralığında vakumlu kurutma gibi farklı kurutma teknikleriyle kurutmuşlardır. Elde edilen tüm tozların yüksek miktarda toplam polifenol içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Toplam flavonoidler, toplam monomerik antosiyantinler, siyanidin-3-glukozid ve toplam proantosiyantinler gibi bileşenlerin sprey kurutma ile elde edilen tozlarda daha fazla olduğu görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre antioksidan kapasiteleri ile diğer biyoaktif bileşenler arasında bir korelasyon görülmektedir. Sonuç olarak, farklı kurutma tekniklerinin, ürünlerin kalite parametrelerinde ve biyoaktif bileşenlerin üzerinde etkisi olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre sprey kurutma, kurutulacak aronya ürünlerinde biyoaktif bileşenlerin korunması için en uygun kurutma yöntemi olduğunu ifade etmektedirler.

Tülek ve Demiray (2013), yaptıkları çalışmada Trabzon hurmalarını kabin tipi kurutma sistemi içerisinde 55, 65, 75°C sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Bu çalışmada kurutma sistemine ek olarak meyveler %20'lik sakkaroz çözeltisi içerisinde ozmotik ön kurutma işlemi ile 80 °C su içerisinde 15 dakika bekletme işlemleri gibi ön işlemler

uygulanmıştır. Daha sonra bu işlemlerin renk özelliklerine ve kuruma karakteristiklerine etkisi araştırılmıştır. 80°C su içerisinde bekletme işlemi ozmotik ön kurutma işlemine göre renk karakteristikleri üzerinde daha fazla etkili olduğu görülmüştür. Fakat örneklerin kuruma süresinin ozmotik ön kurutma işlemine tabi tutulan ürünlerde daha kısa olduğu gözlemlenmektedir. Kurutma sıcaklıklarında ise sıcaklık arttıkça kuruma süresinin azaldığı, renk karakteristiklerinin ise kötüleştiği gözlemlenmektedir. Ayrıca kurutma işlemlerindeki renk karakteristikleri değişimlerinin birinci derece kinetik modele daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Darıcı ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada kivi meyvesinin kurutulmasında kullanılan hava hızının kurumaya etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla, 4 mm ve 6mm dilim kalınlığında kesilen kivi örneklerini kurutma havası sıcaklığının 60°C ve bağıl nemin %10 olduğu bir ortamda 0,5, 1,0, 1,5 ve 2,0 m/s hava hızıyla kurutmuşlardır. Gözlemler sonucunda kurutma havası hızının 0,5 m/s'den 1,0 m/s'ye yükseldiğinde kuruma süresinin yaklaşık olarak yarıya düştüğü görülmüştür. Kurutma havası hızı 1,0 m/s'ye kadar olan değerlerinde kurutma süresi azalmaktadır. Fakat 1,0 m/s'den daha büyük değerlerde kurutma hızının, kuruma süresi üzerinde pek fazla etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, yüksek hızlarda kurutma yapmanın ekonomik olmadığı gözlemlenmiştir.

İzli (2018), yaptığı çalışmada 2 farklı mikrodalga güç seviyesi (90W ve 160W) ile 3 farklı kurutma sıcaklığını (55°C, 65°C ve 75°C) kombine ederek halka ve küp şeklinde doğranmış armut örneklerinde renk, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite değişimlerini incelemiştir. Deneylerin hepsinde kurutulan armut örneklerin L^* değerlerinde azalma gözlemlenmekle birlikte, a^* değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Başlangıçtaki renk değerlerine en yakın değerler 160W-55°C ($\Delta e=9,90$) kurutma kombinasyonunda gözlemlenmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı ise halka şeklinde kesilen ve 160W-65°C işleminde kurutulan örneklerde tespit edilirken, en yüksek antioksidan kapasitesi ise taze örneklerde tespit edilmiştir. Bu çalışmada, farklı kurutma işlemlerine tabi tutulan armut örneklerinde antioksidan kapasitelerinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

Meral (2016), farklı ısı işlem uygulamalarının fenolik bileşenler üzerine etkisini araştırmıştır. Bu araştırmada, fenolik maddeleri çoğu zaman ısıya duyarlı bileşenler olarak tanımlamıştır. Bununla birlikte son zamanlarda yapılan çalışmalarda

gıdalara uygulanan ısıt işlemin sonucunda fenolik bileşenlerin miktarını azalttığı gözlemlenirken bazı fenolik bileşenlerin ise serbest hale geçtiği gözlemlenmektedir. Yapılan araştırmalarda ısıt işlem sonucu serbest kalan fenolik bileşiklerin moleköl ağırlığının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, ısıt işlem sonucu gıda bileşiminde bulunan antioksidan kapasitesi değişiminin ve fenolik bileşenlerin miktarının değişiminin birçok parametreye bağlı olduğu ifade edilmektedir. Bunlar: gıdaların bileşimindeki madde miktarı ve oranları, bileşenlerin birbiriyle etkileşimleri, uygulanan teknolojik işlemler, uygulanan ısıt işlemlerin yöntemi, sıcaklığı ve süreleri, ekstraksiyon gibi ön işlemlerde kullanılan çözücülerin oranı ve tipi, analiz sırasında kullanılan çözücünün oranı ve tipidir. Bu derleme kapsamında araştırılıp atıfta bulunulan çalışmalarda farklılık olmasının sebebi bu parametrelerdir. Sonuç olarak bu çalışmada ısıt işlemin biyoaktif bileşikler üzerine etkisini açıklayabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmektedir.

Doboğlu ve Çınar (2012) tarafından yapılan çalışmada karadut meyvesinin kurutulmasında kullanılan liyofilizasyon metodunu, konveksiyonel ve vakumlu kurutma tekniği ile kıyaslamışlardır. Başlangıçta karadutun nem içerikleri, su aktivitesi (a_w), toplam antosiyanin içeriği, renk içeriklerinden L^* , a^* değeri ve yığın yoğunluğu sırasıyla %83,69, 0,92, 342 mg/L, 8,8, 9,66 ve 0,95 mg/mL'dir. Liyofilizasyon yöntemiyle 24 saat kurutulan örneklerde ise, %5,97, 0,29, 230 mg/L, 5,65, 6,51, 0,092 mg/mL'dir. Vakumlu yöntem ile kurutulan örnekler sırasıyla, %8,78, 0,39, 74 mg/L, 3,87, 2,5, 0,368 g/mL'dir. Konveksiyonel yöntem ile kurutulan örneklerde ise, %9,79, 0,44, 67 mg/L, 3,98, 2,0, 1,109 g/mL olarak tespit edilmiştir. Denev bulgularına göre liyofilizasyon tekniği ile kurutulan örnekler, diğer tekniklerle kurutulan örneklere kıyasla su aktivitesi değerleri daha düşük, renk ve toplam antosiyanin içerikleri ise daha yüksektir. Bunun dışında, liyofilizasyon tekniğiyle kurutma sırasında gerçekleşen büzüşmeler daha sınırlı ve yığın yoğunluğu taze örneklerden daha düşüktür. Bu çalışmaya göre liyofilizasyon tekniği ile kurutma işleminin, konveksiyonel ve vakumlu kurutma tekniklerine göre karadut meyvesi için daha tercih edilebilir bir kurutma tekniğidir.

Kaplan ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin, Malatya ilimizde yetişen alkaya kayısı çeşidi içerisinde bulunan toplam fenolik madde değişimini incelemiştir. Kullanılan kurutma yöntemleri güneşte kurutma, kükürtlü

kurutma ve fırında kurutma yöntemleridir. Başlangıçta örneklerde toplam fenolik madde içeriği 268,97 mg GAE/100 g KM olarak tespit edilmiştir. Güneşte kurutulan örneklerde 179,91 mg GAE/100 g KM, fırında kurutulan örneklerde 167,13 mg GAE/100 g KM ve kükürtle kurutulan örneklerde ise 451,67 mg GAE/100 g KM olarak tespit edilmiştir. Kükürtle kurutma hariç diğer kurutma yöntemlerinde toplam fenolik madde içeriğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada kükürtlü kurutmadaki fenolik madde değerindeki artış, kükürdün fenolik madde gibi algılanmasına bağlanmaktadır.

Konuk ve Korel (2015), yaptıkları çalışmada kurutma sıcaklığının üzüm çekirdeklerinde bulunan biyoaktif bileşenler üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada kullanılan kabin tipi kurutma sisteminde 3 farklı sıcak hava (40°C, 50°C ve 60°C) kullanılmıştır. Kurutma işlemine göre üzüm çekirdeklerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi değişimleri gözlemlenmiştir. Çalışmada gözlemlenen sonuçlara göre kurutulan örneklerin toplam fenolik madde içeriği taze ürünler ile kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca toplam fenolik madde miktarının sıcaklık ile ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Antioksidan aktiviteleri belirlenirken, ABTS radikal indirgeme kapasitesi yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasiteleri (TEAK) taze üzüm çekirdeklerinde daha yüksek değerlerde gözlemlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan çekirdeklerde ise değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada varılan sonuca göre üzüm çekirdeklerinin güçlü bir antioksidan kaynağıdır. Uygulanan kurutma işlemleri sonrasında da antioksidan özelliğini koruduğu gözlemlenmektedir. Fakat üzüm çekirdekleri içerisindeki fenolik bileşenlerin kurutmaya bağlı kaybını azaltmak için düşük sıcaklıklarda kurutma işlemi tavsiye edilmektedir.

3. KURAMSAL BİLGİLER

3.1 Gıdalarda Kurutma Yöntemleri

3.1.1 Kurutmada Kullanılan Doğal Yöntemler

Güneş ısısından faydalanılarak örneğin yapısındaki su oranının azaltılması için uygulanan basit yonteme "doğal kurutma" denir. Fakat her örneğin güneşte kurutulma olanağı yoktur ve bazı örneklerde bu yöntemin uygulanıyor olması doğru da olmayabilir. Gıda son ürün kalitesi bakımından araştırıldığında; kurutulan ürünün açık alanlarda tozlanması, çeşitli böcek, kuş ve benzer hayvanların gıdaya verebileceği negatif etki, gıda için önemli dezavantajlardandır. Ayrıca gıdaların doğal kurutulması için geniş alanlara ihtiyaç vardır. Doğal kurutma işleminde kurutma işlemi yavaş gerçekleşir ve kuruma süresi buna bağlı olarak artmaktadır. Ayrıca çalışmalar sonucunda %15 su oranından daha altına düşülemediği görülmüştür. Araştırmalar doğrultusunda doğal kurutma birçok gıda için uygun ve yeterli bir yöntem değildir (Soysal 2004).

3.1.2 Kurutmada Kullanılan Yapay Yöntemler

Kurutma işlemi kapalı alanlarda ve kontrol altında yapılıyor ise bu kurutma yöntemine "yapay kurutma" denir (Dadalı 2007).

Güneşte yapılan doğal kurutmada kurutulan gıdalarda, kontrolsüz olarak gerçekleşen renk değişimleri, tekrar su kazanımındaki problemler, bazı besin öğeleri ve vitamin kayıpları, mikrobiyal yükte kabul edilemeyecek miktarda artış karşılaştığımız sorunlardandır. Çeşitli örneklerin kontrollü durumlar altında dış hava şartlarından izole edilerek kurutulduğu yapay kurutucuların belli başlı avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Örneklerin kuruma süresinde belirgin azalmalar,

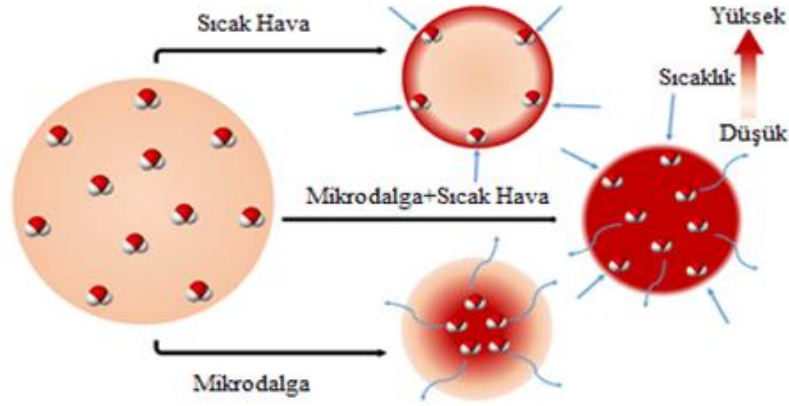
- Örneklerin temiz ve kaliteli kurutulması mümkündür,
- Kurutma açısından ve mikrobiyal açıdan hedeflenen nem içeriğinde ürün elde etmek mümkündür,
- Bazı kaybını istemediğimiz vitaminlerin kaybında azalmalar mümkündür.

Yapay kurutma yönteminde avantajlarla birlikte, yatırım ve işletme maliyetinin doğal kurutmaya nispeten yüksek olmasından dolayı ülkemiz gibi güneş enerjisi açısından zengin ülkelerde tarımsal ürünlerin çoğunlukla güneşte kurutulmasına neden olmaktadır.

Kurutma yöntemleri doğal ve yapay kurutma olacak şekilde iki ana gruba ayrılmakla birlikte, bunun çeşitli açılardan daha farklı gruplara ayrılması da mümkündür. Bu gruplandırmalardan bir tanesi, kurutulacak maddedeki suyun çıkarılması amacıyla gerekli olan ısının kurutucuya transfer yöntemine dayanmaktadır. Bu bilgi ışığında "konveksiyon kurutma", "kontakt kurutma" ve "radyasyon kurutma" olmak üzere başlıca üç farklı kurutma yönteminden bahsedilebilmektedir (Cemeroğlu 2003).

3.1.2.1 Hibrit Kurutma

Hibrit kurutma yöntemi mevcut kurutma yöntemlerinin tek başına kullanılması sonucu ortaya çıkan olumsuzlukları aşmak ve tek başına yapılan yöntemlere göre daha iyi bir sonuç alabilmek adına kullanılmaktadır. Bu kurutma yönteminde, farklı yöntemlerin birbiri ile kombine edilerek (mikrodalga-sıcak hava, dondurarak-vakum kurutma, mikrodalga-vakum gibi) hem ürün kalitesi hem de enerji tüketimi bakımından fayda alınması hedeflenmektedir (Şekil 3.1). Hibrit kurutma yöntemlerinin kurutma süresini azaltarak enerji tüketimini düşürdüğü ve besin içeriği, görüntü ve tat açısından daha kaliteli ürünlerin elde edildiği birçok çalışmada ortaya koyulmuştur. Son yıllarda hibrit kurutma yöntemlerinin kullanımının arttığı gözlemlenmektedir (Xu ve ark 2018; Adeleye ve ark 2020).



Şekil 3.1: Hibrit kurutmada ısı transferi (Karimi ve ark. 2021)

Hibrit kurutma yöntemleri hem kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından hem de besin kalitesi üzerine faydalı olması beklenmektedir (Cemeroğlu ve Özkan 2004; Szadzinska ve ark. 2017).

Yüksek mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulan ürünlerde ortaya çıkan olumsuzlukları minimize etmek adına kombine kurutma yöntemlerinin uygulanması çoğalmaya başlamış olup mikrodalga vakum kombinasyonunun enerji tüketimini düşürdüğü, bununla beraber ürünlerde kalite parametrelerinin çok iyi düzeyde taze ürüne göre korunduğu yapılan çalışmalarda görülmektedir. Benzer şekilde mikrodalga konvektif kurutma kombinasyonu ile beraber yapılan kurutma işlemleri kurutma süresini, bununla ilişkili olarak da enerji sarfiyatını azaltmaktadır (Karaaslan ve ark. 2012; Alibaş ve ark. 2021).

Simsek ve Süfer (2021) beyaz tatlı kirazların 50, 60 ve 70°C sıcaklıkta konvektif ve aynı sıcaklık değerlerinin 90 W’ da mikrodalga kombinasyonu ile beraber kurutulmasında tek başına konvektif kurutma süresinin hibrit yöntemle göre çok daha fazla sürdüğü gözlemlenmiştir.

İncedayı ve ark. (2016) kayısı meyvesini 90-160 W’ da mikrodalga, 50-75°C’de konvektif ve bu yöntemlerin kombinasyonları ile kurutulmuşlardır. 50°C-160W hibrit kurutma kombinasyonunda kurutulmuş ürünlerde daha kısa kuruma süresi

ve buna bağlı olarak karoten içeriklerinde diğer kombinasyonlara göre kaybın daha az olduğu tespit edilmiştir.

Sunjka ve ark. (2008) kızılcık meyvesini 100, 125 ve 150 W' da mikrodalga ve 3.4, 18.6, 33.8 kPa basınç uygulamasının kombinasyonu ile kurutmuşlardır. Bu çalışmada mikrodalga çıkış gücü ve basınç seviyesi ile kurutma süresi arasında ters orantı olduğu tespit edilmiştir.

Zia ve Alibaş (2021) yaban mersini meyvesine 50, 70 ve 90°C'de konvektif, 100, 300 ve 500W' da mikrodalga kurutma yöntemi ve bu yöntemlerin kombinasyonları ile kurutma işlemi uygulamışlardır. Çalışmada en kısa kurutma süresi ve enerji tüketiminin en az olduğu 500W-90°C kombine yöntemde tespit edilmiştir. En uzun kurutma süresi ve enerji tüketiminin en fazla olduğu 50°C'de konvektif kurutma yönteminde tespit edilmiştir.

3.2 Optimizasyon

Bir prosesin belirlenen hedefleri doğrultusunda, bağımsız değişkenlerin ilişkileri ve bu bağımsız değişkenlerin yanıtta olan etkileri de hesaba katıldığında en olanaklı şartlarda bir arada uygulanması işlemine optimizasyon denir (lmez 2009).

Design Expert programında bulunan optimizasyon tercihinde parametre ve cevap için hedefler tespit edilebilmektedir. Hedefler için maksimum ve minimum, hedeflenen, sınırlar içinde veya hiçbiri seçilebilmekte böylece program vasıtasıyla kesin bir değere ulaşılabilmektedir. Hedefler programa işlenmiş ve hedeflerin sağlanabilmesi için optimum şartlar belirlenmiştir. Bu belirlenen optimum şartlarda doğrulama örnekleri gerçekleştirilmiştir. Kabul edilebilirlik fonksiyonu istenmeyen için "0", ideal yanıt içinse "1" değerini almaktadır. Belirlenmiş olan yanıtın daha da büyütülmesini, kcltlmesini veya hedef değer atanması sonucu farklı kabul edilebilirlik fonksiyonları kullanılabilir (lmez 2009).

3.2.1 Cevap yüzey metodu

İlk defa 1951 yılında Box ve Wilson tarafından uygulanan ve geliştirilen cevap yüzey metodu (Response Surface Methodology) istatistiksel ve matematiksel analiz tekniklerinin beraber uygulandığı; mevcut proseslerde iyileştirmelerin yapılması, optimize edilmesi ve yeni proseslerin geliştirilmesi gibi uygulamalarda kullanımı yaygın bir analiz yöntemidir. Araştırmada Box ve Wilson metodun temelini inşa eden eleme, bölge araştırma ürününün karakterize edilmesi ve optimizasyonu çevreleyen bir seri deneme felsefesini yansıtmışlardır (Box ve Wilson 1992).

Cevap yüzey metodunun en temelini bir dizi istatistiksel ve matematiksel hesaplamalar oluşturmaktadır. Bu yöntemle ilgili yapılması gereken hesaplamalar için ilk olarak sistemi ifade edebilecek yanıtlar ve bu yanıtlara karşılık vermede etkili olabilecek değişkenlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bazı proseslerde bulunan birden çok uygulamalar çeşitli zorluklar ile karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Bu problemden kaynaklı olarak araştırmacılar proses ile ilgili teknolojik bilgi ve bir takım ön denemeler, belirlenecek olan bu değişkenlerin seçiminde basitlikler sağlayabilmektedir. Belirlenen değişkenler ile sağlanan deneme planında, bağımsız değişkenlerin farklı seviyelerine karşı alınan yanıt üzerinden analiz yapılabilmektedir. Bu sayede daha az sayıda deneme ile gerçekte test edilmesi oldukça zor olan değerlerin ve bunların kombinasyonlarının cevaplar üzerine olan etkisi belirlenebilir ve uygulanmakta olan prosesin hedefleri için en uygun şartlar kolaylıkla ortaya konabilmektedir (Myers 1999).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Materyal

Araştırmada kullanılan aronya meyveleri Bursa ilindeki Dr. Aronia firmasından taze olarak temin edilmiştir. Aronya meyveleri, kurutma analizlerinde kullanılabilecek kadar parafilm ile sarılı kap içerisinde buzdolabı sıcaklığında ($4\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) saklanmıştır. Aronya meyvelerinin başlangıç nem içeriği değerlerinin hesaplanması için $8\pm 0,8$ g meyveye, sıcaklığı 105°C ayarlanmış etüvde ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemi uygulanmıştır.

4.1.1 Kullanılan Cihazlar

4.1.1.1 Hibrit Kurutma Fırını

Aronya meyveleri, Siemens marka HN678G4S1 model buhar ve mikrodalga fonksiyonlu ankastre fırında kurutulmuştur. Ankastre fırının genel görünümü Şekil 4.1’de ve teknik özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1: Siemens marka Ankastre Kurutucu

Tablo 4.1: Ankastre fırının teknik özellikleri

Ürün boyutu (YükseklikxGenişlikxDerinlik)	595 mm x 594 mm x 548 mm
Sıcaklık aralığı	30°C - 300°C
Isıtma ve kombinasyon modlarının sayısı	13
Raf Seviyesi	5 adet

4.1.1.2 Spektrofotometre

Örneklerin TMA, antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde analizlerinde spektrofotometre (EMC-11-UV Spectrophotometer, Duisburg, Almanya) cihazı kullanılarak verilere ulaşılmıştır.



Şekil 4.2: Spektrofotometre

4.1.1.3 Renk Ölçüm Cihazı

Kurutma şartlarının kurutulmuş aronya meyveler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla taze ve kurutulmuş örneklerin CIE sisteminde L*, a*, b* parametreleri renk ölçüm cihazı (Hunterlab Miniscan XE Plus, ABD) ile gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3: Renk Ölçüm Cihazı

4.1.1.4 Su Aktivitesi Ölçüm Cihazı

Kurutulmuş aronya meyvelerinin su aktivitesi ise su aktivitesi ölçüm cihazı (Fast-lab, Model: GBX, Fransa) kullanılarak oda sıcaklığında ölçülmüştür.



Şekil 4.4: Su Aktivitesi Cihazı

4.2 Yöntem

4.2.1 Örneklerin Kurutulması

Kurutma işleminden önce aronya meyveleri mümkün olduğunca eşit olacak şekilde ortadan ikiye bölünmüştür. İkiye bölünen parçaların çapı yaklaşık olarak $2,5\pm 0,5$ mm'dir. Kurutma çalışmalarında, 1,0 m/s hava hızında ve sıcaklık-mikrodalga ve kombine özellikli bir fırından (Siemens HN678G4S1 Ankastr Fırın, Almanya) faydalanılmıştır. Her kurutma şartı için 40 g örnek kullanılmıştır. Kurutma işlemleri sırasında örnekler fırından çıkartılarak çok kısa bir sürede tartılıp tekrar fırına yerleştirilmiştir. İlk yarım saatlik dilimde her 5 dakikada bir kere, yarım saat sonrası ise her 15 dakikada bir defa şekilde tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemleri 50, 60, 70°C sıcak hava ve 90, 180, 360 W mikrodalga güçlerinin ayrı ayrı ve kombinasyonlar şeklinde kullanılmasıyla yapılmıştır. Renk, antioksidan aktivite, toplam monomerik antosiyanin ve toplam fenolik madde analizleri taze ve kuru örneklerde gerçekleştirilmiştir. Aronya meyveleri, son nem içeriği $\%24,5\pm 1$ düşürülünceye kadar kurutulmuştur. Nem içeriğinin belirlenmesinde, kalite kaybının minimize edileceği güvenilir su aktivitesi değerleri dikkate alınmıştır. Kurutulan meyveler analizler yapılncaya kadar -18°C 'de ve alüminyum folyoya sarılarak karanlık bir ortamda saklanmıştır.

4.2.2 Analizler

4.2.2.1 Nem Miktarı ve Su Aktivitesi

Aronya meyvelerinin başlangıç nem içeriği değerlerinin bulunması için $8\pm 0,8$ g meyve etüv (Mettler UNB 400, Germany) içerisinde 105°C sıcaklıkta sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra hesaplama yapılarak aronya meyvelerinin nem içeriği ve kuru maddesi hesaplanmıştır. Kurutulmuş aronya meyvelerinin su aktivitesi ise su aktivitesi ölçüm cihazı (Fast-lab, Model:GBX, Fransa) kullanılarak

oda sıcaklığında ölçülmüştür. Ayrıca meyvelerin su aktiviteleri 0,50'nin altına düşürülmüştür. (Tablo A16)

4.2.2.2 Renk Analizi

Kurutma şartlarının kurutulmuş aronya meyveleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla taze ve kurutulmuş örneklerin CIE sisteminde L^* , a^* , b^* parametreleri renk ölçüm cihazı (Colorimeter, Model: PCE-CSM1, Almanya) ile gözlemlenmiştir. Renk ölçümleri 2'şer örnekte 2 paralel şekilde yapılmış ve ölçülen değerlerin ortalaması hesaplanmıştır. Bu işlemle birlikte örneklerdeki renk değişimleri araştırılmıştır. L^* değeri örneklerin ışığı geçirmesini göstermektedir. Bu skala 0-100 arasındadır. Bu sistemde a^* değeri pozitif olduğu zaman kırmızılık, negatif olduğunda ise yeşillik değerlerini göstermektedir. Diğer bir değer olan b^* değeri ise pozitif olduğu zaman sarılık, negatif olduğu zaman da mavilik değerlerini bize göstermektedir (Tamer 2017).

Çalışmada L^* , a^* ve b^* değerlerine ilave olarak taze aronya meyvesine ait renk değerleri (L_0^* , a_0^* , b_0^*) referans kabul edilerek ölçülmüştür (Seerangurayar ve ark 2018).

4.2.2.3 Toplam Antioksidan Aktivite Analizi

Antioksidan aktivite tayininde 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) metodu kullanılmıştır (Benvenuti ve ark. 2004).

Öncelikle 0,0050 g Troloks 1 ml etanol içerisinde çözündürme işlemi uygulanmıştır. Hazırlanan çözelti 10 ml hacimli balon jöje içerisine aktarılıp ultrasonik yöntemle çalışan su banyosunda çözündürüldükten sonra çizgiye kadar saf su ile tamamlanmıştır. Hedeflenen absorbans değerlerine ulaşmak için konsantrasyonu 0-50 μmol aralığında bulunan Troloks çözelti değerleri ile kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Öncelikle antioksidan aktivite tayininde, 0,024 g DPPH üzerine metanol eklenerek stok çözeltisi hazırlanmıştır. Analizde kullanılacak olan DPPH stok çözeltisi spektrofotometrede 515 nm dalga boyunda okutulurken absorbans değeri 1,1'e yakın

olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu analizde 150 µl ekstrakt cam tüplere alınarak üzerlerine 2850 µl DPPH çözeltisi ilave edilir ve ardından örnekler vorteks cihazında çalkalanmıştır. Yapılan ön çalışmalar sonucu elde edilen veriler ışığında 150 µl alınan ekstraktlar için taze ve kuru örnekler için 1/10 oranında sulu metanol çözeltisi (%50, v/v) ile seyreltme yapılmıştır. Vorteks cihazında karıştırılıp hazır hale gelen örnekler 1 saat boyunca ışısız bir ortamda ve oda sıcaklığında dinlendirilmiştir. Bu süre sonunda 5 ml hacimli küvetlere aktarılan örnekler spektrofotometreye yerleştirilerek absorbans değerleri 515 nm dalga boyunda okunmuştur. Okunan değerler µmol Troloks Eşdeğeri (TE)/g kuru madde cinsinden hesaplanıp daha sonra bu değerler 1000'e bölünerek mmol TE/g kuru madde cinsine çevrilmiştir.

4.2.2.4 Toplam Fenolik Madde Analizi

Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde analizleri için ilk olarak taze aronya meyvelerinden ekstraktlar hazır hale getirilmiştir. Aronya meyvesinin taze ve kuru örneklerinden 1 g tartıldıktan sonra falcon tüpleri içerisine yerleştirilmiştir. Bunun akabinde örneklerin içerisine 10 ml sulu metanol çözeltisi (%50, v/v) eklenerek homojenizatör içerisinde 1 dakika homojenize edilmiştir. İşlemden sonra örnekler ultrasonik su banyosu içerisinde (Elma E 60 H, Almanya) 50°C-60°C sıcaklıkta 10 dakika bırakılmış ve mekanik shaker makinası içerisinde (WiseShake SHO-1D, Almanya) 160 devirde 15 dakika boyunca çalkalanma işlemine bırakılmıştır. Çalkalanma işlemi tamamlandıktan sonra ise örnekler, 4°C'de 9000 rpm devirde 15 dakika boyunca 6'lı gruplar halinde santrifüjlenme işlemine tabi tutulmuştur (Hettich, Universal 30 RF, Almanya). Santrifüj işleminden sonra üst kısımda kalan berrak kısım pipet kullanılarak koyu renkli ışık geçirgenliği düşük amber şişelere aktarılmıştır. Falcon tüpleri içerisinde artan meyve kalıntıları üzerine 10 ml sulu metanol çözeltisi eklenerek ekstraksiyon basamakları aynı şekilde tekrarlanarak ekstrakt hazırlama işlemi tamamlanmıştır. Sonrasında hazır hale ürünler spektrofotometre cihazında okuma işlemine kadar -18°C'de saklanmış, analiz gerçekleştirilirken Folin-Ciocalteu (FC) metodu uygulanmıştır (Singleton ve diğ 1999).

İlk olarak saf su kullanılarak 0,5 g/l gallik asitli çözelti hazırlanmıştır. Spektrofotometrede (EMC-11-UV Spectrophotometer, Duisburg, Almanya) istenilen

aralıklarda absorbans değerlerini yakalayabilmek için 25-100 mg/l konsantrasyon arasındaki gallik asit çözeltileriyle kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Meyvelerin fenolik madde tayininde 300 µl ekstrakt cam tüpler içerisine alınarak üzerine 1500 µl 1:10'luk (v/v) daha önce hazırlanmış Folin çözeltisi eklenir ve 7-8 dk beklemeye alınır. Bekleme süresi tamamlandıktan sonra tüplere 1200 µl 75 g/l'lik Na_2CO_3 ilave edilir ve akabinde hazırlananlar vorteks cihazında 15-20 sn boyunca karıştırılır. Yapılan ön denemeler sonucu doğrultusunda 300 µl alınan ekstraktlar için taze ve kuru örnekler için 1/25 oranında sulu metanol çözeltisi (%50, v/v) ile seyreltme yapılmıştır. Vorteks cihazında karıştırılan çözeltiler daha sonra karanlık ortam ve oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiştir. İşlemler tamamlandıktan sonra hazırlananların absorbansları spektrofotometre cihazında 760 nm'de okuma işlemi yapılmıştır. Çıkan değerler µg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE)/g kuru madde cinsinden hesaplanmış olup daha sonra 1000'e bölünerek mg GAE/g kuru madde birimine çevrilmiştir.

4.2.2.5 Toplam Monomerik Antosiyanin Analizi

Antosiyaninlerin bulunduğu yerin pH değerine göre renk değiştirme özelliğinden faydalanılarak pH diferansiyel metodu ile spektrofotometrik olarak incelenmesi ile toplam monomerik antosiyanin (TMA) analizi gerçekleştirilmektedir (Cemeroğlu 2010).

Yapılan ön çalışmalar sonucu elde edilen veriler ışığında hazırlanan ekstraktlar 1/80 oranında potasyum klorür (pH 1.0) ve sodyum asetat (pH 4.5) tampon çözeltileriyle seyreltme yapılmıştır. Araştırma için ekstraktlar potasyum klorür (pH 1.0) tampon çözeltisiyle farklı oranlarda seyreltilmiş olup, spektrofotometrede okunan absorbans değerinin 0,4-0,6 aralığında olmasını sağlayan seyreltme faktörü belirlenmiştir. Sonrasında aynı işlemler potasyum klorür ve sodyum asetat (pH 4.5) tampon çözeltileri kullanılarak belirlenen oranda seyreltilmiş, bu işlemlerden sonra örnekler ışıksız bir ortamda 15 dk dinlendirilerek en yüksek absorbans (A_{max}) verdiği 512 nm dalga boyu ve 700 nm'deki absorbans değerleri spektrofotometre (EMC-11-UV Spectrophotometer, Duisburg, Almanya) yardımıyla belirlenmiştir. Örneklerin Toplam Monomerik Antosiyanin içerikleri aşağıda bulunan eşitlikler (4.1 ve 4.2) yardımıyla hesaplanmıştır (Fuleki ve Francis 1968).

$$A = (A_{max} - A_{700})_{pH1} - (A_{max} - A_{700})_{pH4.5} \quad (4.1)$$

$$TMA \text{ (mg/L)} = \frac{A \times MW \times S_f \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (4.2)$$

Bu formülde kullanılan A değeri Düzeltılarak hesaplanan absorbans farkını, MW değeri hesaplamada baz alınacak antosiyanin molekül ağırlığı (g/mol), S_f değeri ise seyreltmede kullanılan faktörü, ϵ değeri absorpsiyon katsayısı ve l değeri ise spektrofotometrede küvetten geçen ışığın katettiği mesafeyi (1 cm) ifade etmektedir (Fuleki ve Francis 1968).

4.3 Kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalar

4.3.1 Nem içeriğinin hesaplanması

Son nem içeriği aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır.

$$M_t = (m - KM)/KM \quad (4.3)$$

M_t önce belirlenen bir t anındaki nem içeriğini (g su/g kuru madde), m örneğin ağırlığı (g), KM ise örneğin içerdiği kuru madde miktarını (g) göstermektedir (Demiray 2015).

4.3.2 Kuruma hızının hesaplanması

Kurutma hızı, nem içeriğine karşılık kuruma zamanı eğrilerinin türevlerinin alınması ile bulunmaktadır. Kuruma hızının birimi g su/g kuru madde dakika olarak gösterilmektedir.

$$\text{Kuruma Hızı} = (M_t + dt - M_t)/dt \quad (4.4)$$

M_{t+dt} herhangi bir $t+dt$ anındaki nem içeriği değerini (g su/g kuru madde), M_t herhangi bir t anında içerdiği nemi (g su/g kuru madde) ve son olarak dt kuruma zamanını bizlere ifade etmektedir (Demiray 2009).

4.3.3 Nem oranının hesaplanması

Nem oranına ait denklem, Denklem 4.5'te gösterilmektedir. Denklemde gösterilen nem oranının herhangi bir birimi yoktur.

$$MR = (M_t - M_e)/(M_0 - M_e) \quad (4.5)$$

Denklemde MR nem oranı (birimsiz), M_t herhangi bir t anındaki nem içeriği (g su/g kuru madde), M_e denge anındaki nem içeriği (g su/g kuru madde), M_0 ise başlangıç nem içeriği (g su/g kuru madde) olarak belirtilmiştir (Zambak 2015).

4.3.4 Kalite Parametrelerindeki Değişimlerin Hesaplanması

L^* , a^* , b^* , toplam fenolik madde miktarı, TMA ve antioksidan aktivite değerlerinin yüzde değişimleri Denklem 4.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yüzde Değişim} = [(Son Değer/İlk Değer) - 1] \times 100 \quad (4.6)$$

4.3.5 Etkin Difüzyon Katsayısının Hesaplanması

Gıdaların kurutulması esnasında kütle transferi gerçekleşmektedir. Etkin difüzyon katsayısı bu ölçütlerden biridir. Etkin difüzyon katsayısı aronya meyveleri için, Fick'in ikinci yasasının küre cisimler üzerinde yapılması sonucu elde edilen Denklem 4.7 indirgenerek hesaplanmıştır (Crank 1975).

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-n^2 \pi^2 \frac{D_{eff} t}{r_s^2}\right) \quad (4.7)$$

D_{eff} etkin difüzyon katsayısını (m^2 /saat), r_s^2 kürenin yarıçapını (m) ve t kuruma zamanını (saat) ifade etmektedir (Horuz ve ark 2018).

Uzun kurutma süreleri için denklemin ilk terimleri çözüm için kullanıldığında, Denklem 4.8 logaritmik formda yazılır (Horuz ve ark 2018).

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{6}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2}{r_s^2} D_{eff} t\right) \quad (4.8)$$

DeneySEL MR değerlerinin doğal logaritmasına karşılık kuruma zamanı grafiği çizildiğinde karşımıza çıkan doğrunun eğiminden etkin difüzyon katsayısı hesaplanabilmektedir (Horuz 2018).

$$Eğim = -\frac{\pi^2 D_{eff}}{r_s^2} \quad (4.9)$$

4.4 Modelleme Çalışmaları

4.4.1 Kurutma kinetiği için kullanılan modellemeler

4.4.1.1 Model 1: Lewis

Lewis model Denklem 4.10'da verilmiştir.

$$MR = \exp(-kt) \quad (4.10)$$

Burada kullanılan k ile kinetik sabiti (1/dakika) ve t ile kuruma zamanı (dakika) ifade edilmektedir (Özel 2010).

4.4.1.2 Model 2: Page

Page model Denklem 4.11'de gösterilmiştir.

$$MR = \exp(-kt^n) \quad (4.11)$$

Bu denklemde kullanılan k ile kinetik sabiti (1/dakika), n ise modele ait katsayıyı ve t ile de kuruma zamanı (dakika) ifade edilmektedir (Arslan ve Özcan 2010).

4.4.1.3 Model 3: Henderson ve Pabis

Henderson ve Pabis model Denklem 4.12'de gösterilmektedir.

$$MR = a \exp(-kt) \quad (4.12)$$

Bu denklemde kullanılan a ile modele ait katsayı (birimsiz), k ile kinetik sabiti (1/dakika) ve t ile de kuruma zamanı (dakika) ifade edilmektedir (Arslan ve Özcan 2010).

4.4.1.4 Model 4: Logaritmik

Logaritmik model Denklem 4.13' de gösterilmektedir.

$$MR = a \exp(-kt) + c \quad (4.13)$$

Bu denklemde kullanılan a ile modele ait katsayı (birimsiz), c ile modele ait katsayı(birimsiz), k ile kinetik sabiti (1/dakika) ve t ile de kuruma zamanı (dakika) ifade edilmektedir (Mcminn 2006).

4.4.1.5 Model 5: Modifiye Page

Modifiye Page model Denklem 4.14'te gösterilmiştir.

$$MR = \exp(-(kt)^n) \quad (4.14)$$

Bu denklemde kullanılan k ile kinetik sabiti (1/dakika), n ile modele ait katsayı ve t ile de kuruma zamanı(dakika) ifade edilmektedir (Wang ve ark 2007).

4.5 İstatistiksel Analiz

Bu araştırma aronya meyveleri için 2 tekerrürlü çalışılmıştır. Her tekerrür 2 tekrarlı yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilip, Tukey çoklu karşılaştırma testleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Analizler için Minitab istatistik programı kullanılmıştır.

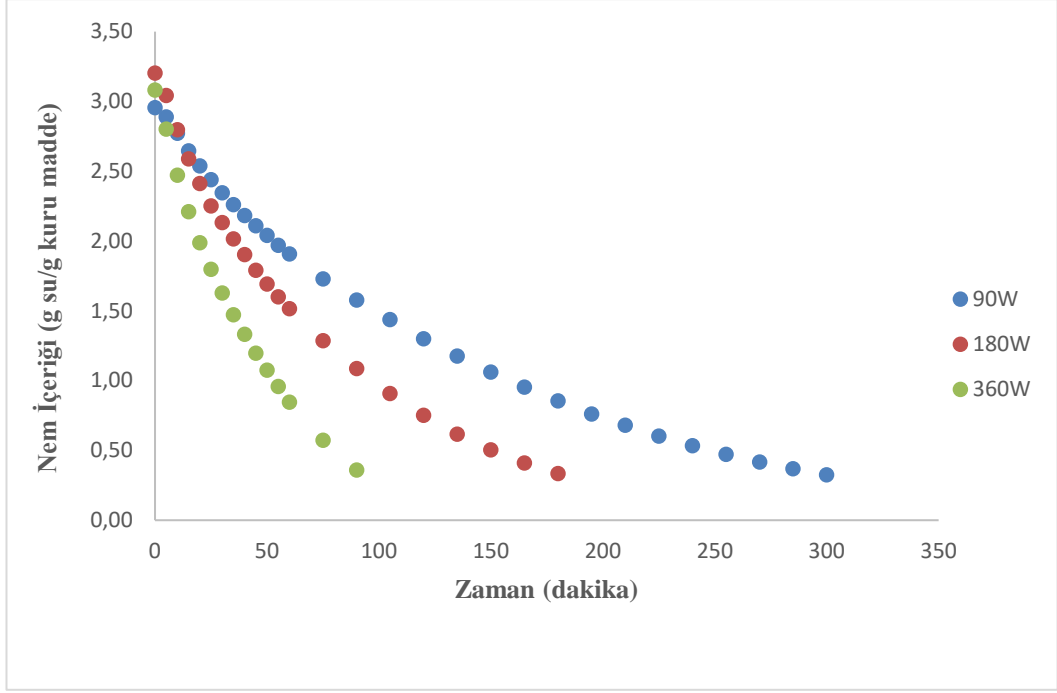
5. BULGULAR

5.1 Kurutmanın Aronya Meyvelerinin Kuruması Üzerindeki Etkisi

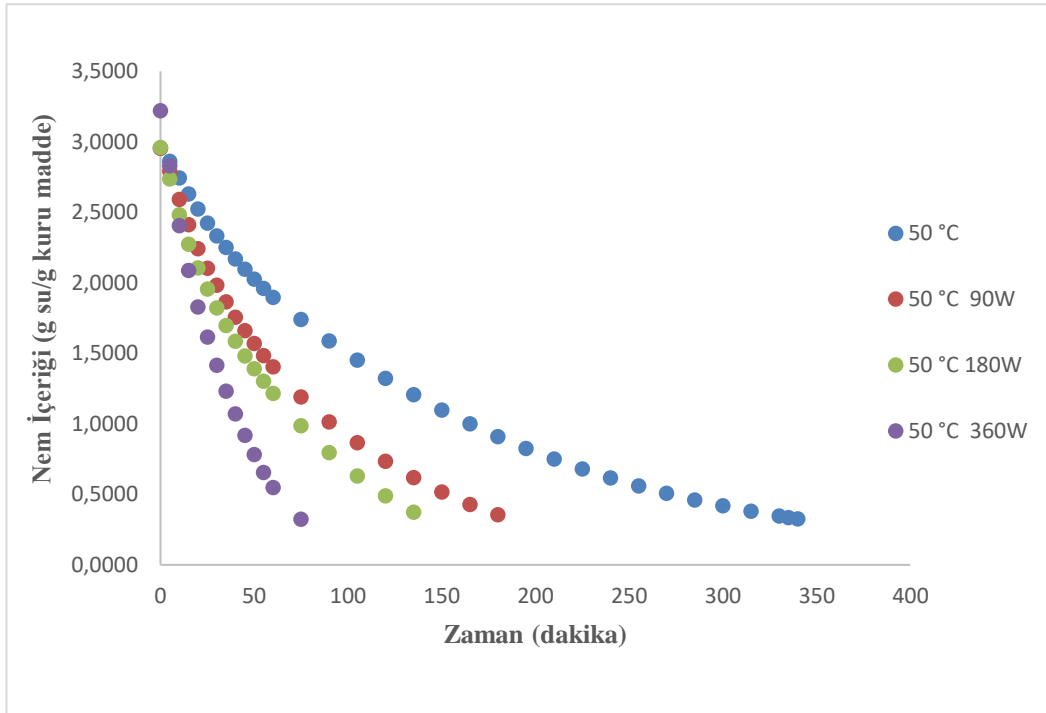
5.1.1 Nem İçeriğinde Meydana Gelen Değişim

Bu araştırmada başlangıç ortalama nem içeriği $M_0 = 3,089$ g su/g kuru madde tespit edilen aronya meyveleri kullanılmıştır. Sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonlarıyla kurutma işlemine tabi tutulan aronya meyvelerinin zamana bağlı olarak nem içeriğindeki değişimler Ek A'da, Tablo A1-A15'te sırasıyla gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 5.1-5.4'te grafik şeklinde de verilere ulaşılmaktadır. Bunun dışında Tablo A16'da kurumuş meyvelerin su aktiviteleri verilmiştir.

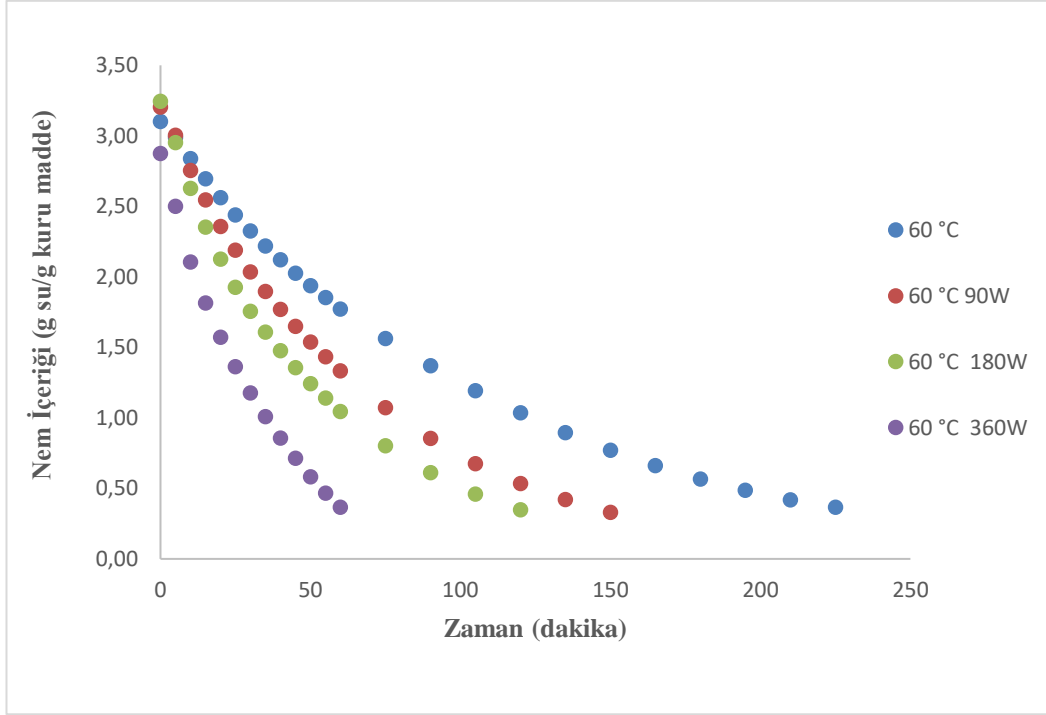
Yapılan kurutma işlemleri sonucunda sıcak hava-mikrodalga kombinasyonlarıyla yapılan kurutma işlemlerinde mikrodalga gücünün artırılmasıyla birlikte kuruma sürelerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Meyvelerin 0,32 g su/g kuru madde nem içeriğine gelmeleri Tablo 5.1'de gösterilmiştir. Örneğin, 50°C sıcak hava ile kurutulan meyvelerin nem içeriğinin 0,32 g su/g kuru madde nem içeriğine gelme süresi 340 dakika sürerken; 50°C sıcak hava ve 90, 180, 360W mikrodalga kombinasyonları ile yapılan kurutma işleminde meyvelerin aynı nem içeriğine gelme süreleri sırasıyla 190, 145, 75 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu durum dışında kurutma sıcaklıklarının artırılması da kuruma sürelerinde azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. En az süren kurutma süresi 60°C-360 W kombinasyonu olup, örneklerin 2,873 g su/g kuru madde nem içeriğinden 0,365 g su/g kuru maddeye gelme süresi 65 dakika olarak gözlemlenmiştir. En az kurutma sürelerinden birisi olan 70°C-360 W kombinasyonu ise, örneklerin 3,273 g su/g kuru madde nem içeriğinden 0,317 g su/g kuru maddeye gelme süresi 75 dakika olarak gözlemlenmiştir. Bunun dışında 60°C-360W ve 70°C-360W kombinasyonlarının en yüksek kuruma hızına sahip olmasına, kurutma koşulları içerisinde en yüksek sıcaklık ve mikrodalga gücü değerlerinin kullanılması ve bu yüzden örneklerdeki suyun buharlaşmasının en hızlı gerçekleşmesinin neden olduğu düşünülmektedir.



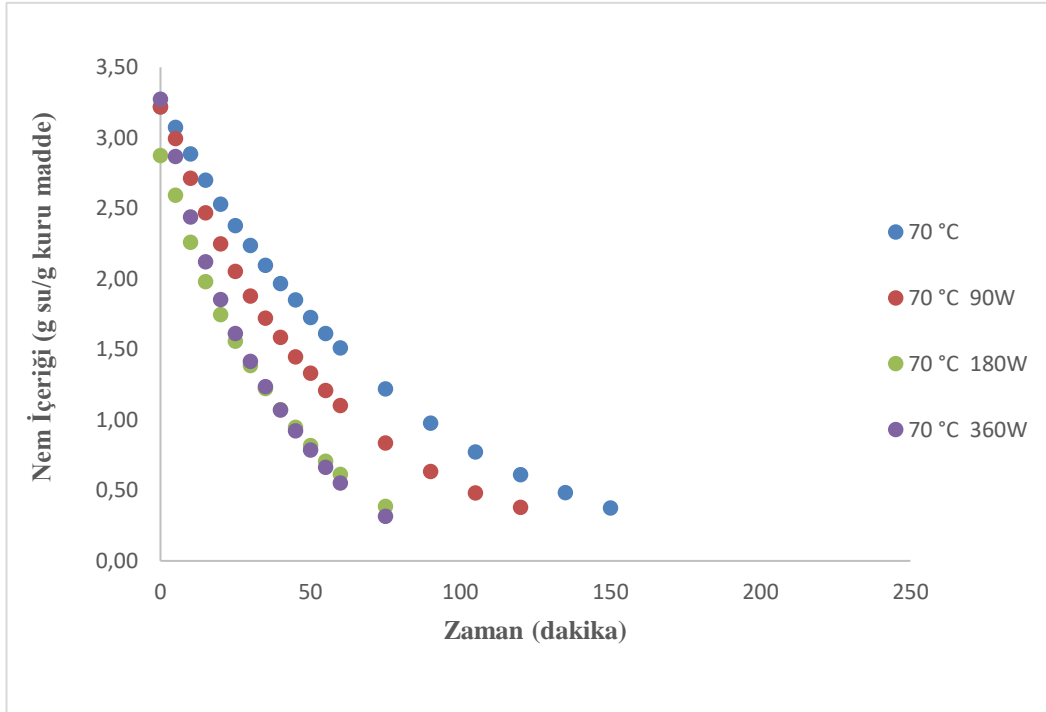
Şekil 5.1: Mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi



Şekil 5.2: 50°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi



Şekil 5.3: 60°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi



Şekil 5.4: 70°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi

Horuz (2018) yaptığı araştırmada elma 6rneklerini 50, 60, 70°C sıcaklıklar ve 120, 150, 180 W mikrodalga g6çleri ile farklı kombinasyonlar şeklinde kurutmuştur. Bu çalışmanın sonucunda en y6ksek kuruma hızı ve en kısa kuruma s6resinin 70°C-180W kombinasyonun ait olduğu g6zlemlenmiştir.

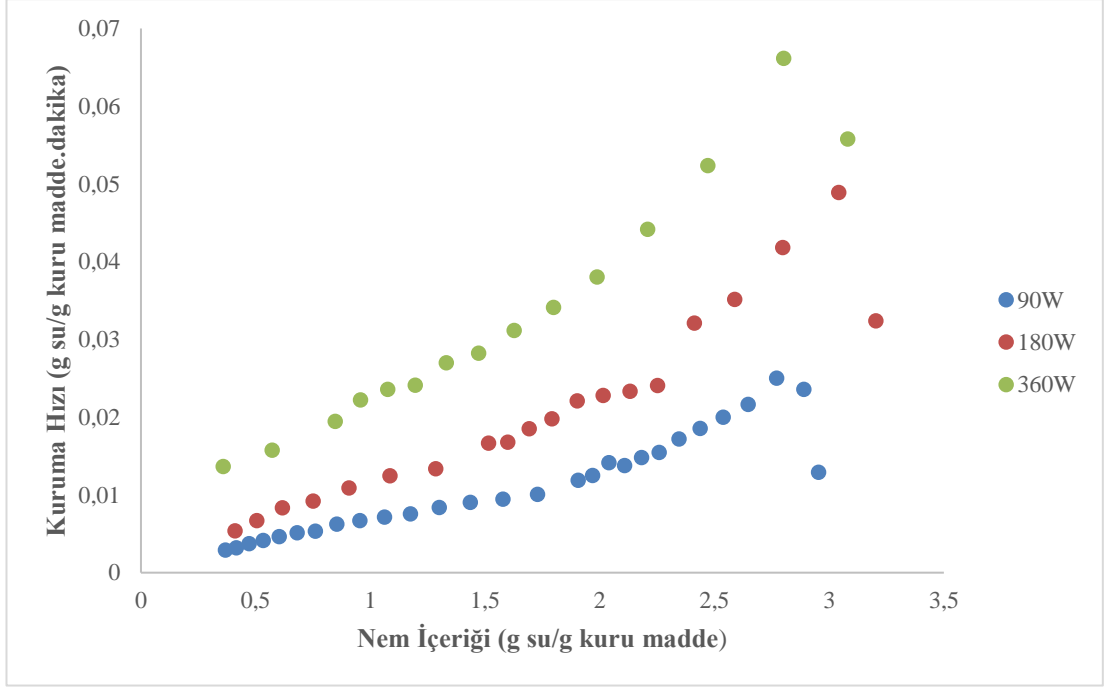
Alibaş (2006) yaptığı çalışmada pazı yaprağı 6zerinde araştırmalar yapmıştır. Bu araştırmalar kapsamında 50, 75 ve 100°C sıcaklıklar ile 350, 500 ve 650 W mikrodalga g6çlerini ayrı ayrı ve kombinasyon şeklinde kullanarak kurutma işlemleri uygulamıştır. Çalışma verileri incelendiğinde en y6ksek kuruma hızı ve kuruma s6resinin en kısa olduğu kurutmanın 100°C-650W kombinasyonu olduğu g6r6lm6ştir.

Tablo 5.1: Aronya örneklerinin kuruma süreleri (0,32 g su/g kuru madde nem içeriğine kadar)

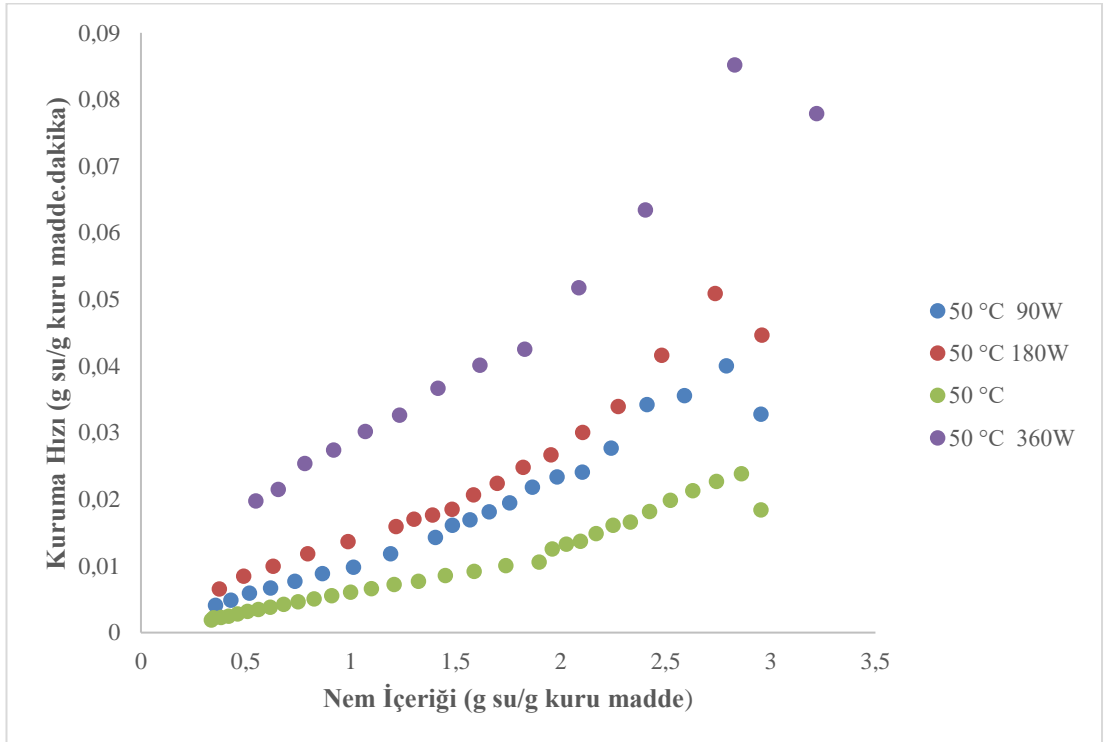
Kurutma Sıcaklığı (°C)	Mikrodalga Gücü (W)	Kuruma Süreleri (Dakika) 0,32 g su/g kuru madde nem içeriği
-	90 W	300
	180 W	180
	360 W	93
50°C	-	340
	90 W	190
	180 W	144
	360 W	75
60°C	-	235
	90 W	150
	180 W	125
	360 W	65
70°C	-	155
	90 W	130
	180 W	80
	360 W	75

5.1.2 Kuruma Hızında Meydana Gelen Değişim

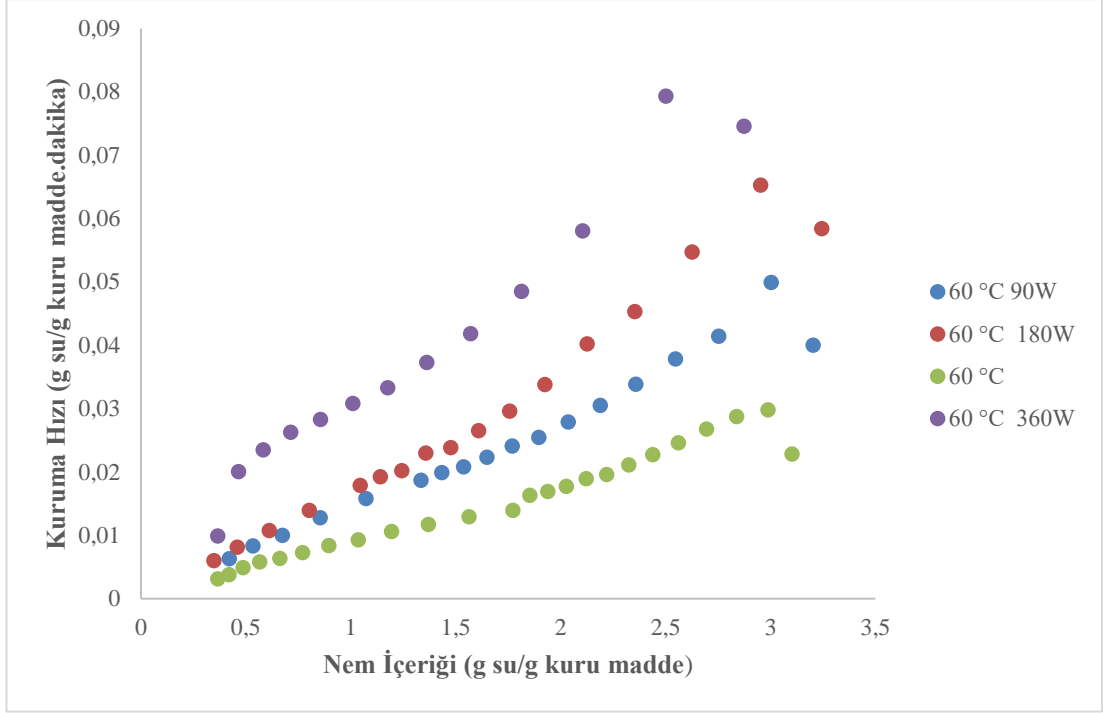
Sıcak hava ile mikrodalga gücünden faydalanmak kuruma hızını etkilemektedir. Ayrıca kombinasyonları ise kuruma hızını daha fazla etkilemektedir. Kurutulmuş aronya meyvelerinin kuruma hızları Denklem 4.4 kullanılarak hesaplanmıştır. Bu veriler Şekil 5.5-5.8'de gösterilmiştir.



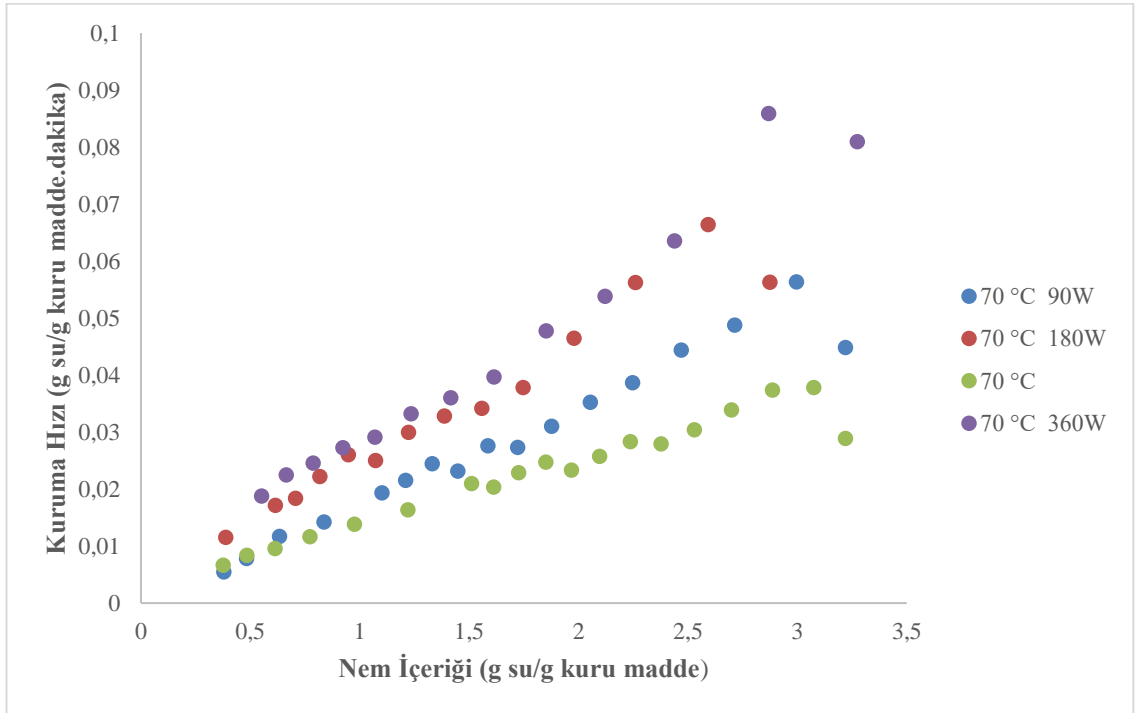
Şekil 5.5: Mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi



Şekil 5.6: 50°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi



Şekil 5.7: 60°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi



Şekil 5.8: 70°C ve mikrodalga kombinasyonları ile kurutulan aronya meyvelerinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi

Kurutma işleminde, aronya meyvesinin 90, 180, 360W mikrodalga değerlerinde ilk olarak kuruma hızı artış göstermiş, İşlemin ilerleyen aşamalarında kuruma hızı azalan dönemin gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak örneklerin mikrodalga ile kurutulması sırasında kurumanın örneklerin iç kısmından başlayarak dış yüzeye doğru olması nedeniyle gerçekleştiği ve kuruma hızının önce artış daha sonra da azalma gösterdiği düşünülmektedir. Örneklerin 50°C, 60°C ve 70°C’de gerçekleştirilen kurutmaları ve sıcak hava ile mikrodalga kombinasyonlarıyla yapılan kurutmalarının da önce ısınan daha sonra azalan kurutma periyotlarında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Mikrodalğanın sıcak havaya ek olarak kullanılmasıyla beraber mikrodalga ve sıcaklık değerlerinin yükseltilmesi sonucu kuruma hızında artma gözlemlenmiştir. Kuruma hızları arasındaki bu farklılıklar meyvelerin nem içeriklerinin düşmesiyle azalmıştır. 60°C-360W kombinasyonu aronya meyvelerinin kurutulmasında en yüksek kuruma hızına sahip kurutma koşulu olmuştur.

Horuz ve diğ. (2017^b) araştırmalarında 60°C sıcaklık + 120, 150 ve 180W mikrodalga gücünde kuruttıkları domates dilimlerini ek olarak, 20 ve 40 dakikalık ultrases uygulamasına tabi tutmuşlardır. Bu uygulama yapılmayan örneklerde 60°C-180 W kombinasyonunun en yüksek kuruma hızına sahip olduğu belirlenmiştir.

Soysal (2004) yaptığı araştırmada 360-900W arasında bulunan 7 mikrodalga gücünde gerçekleştirdiği kurutmalarda maydanozun kurutma karakteristiklerini araştırmıştır. Bu araştırmalar sonucu maydanoz örneklerine ait kuruma hızları incelendiğinde öncelikle kuruma hızının yükseldiği, sonrasında ise mikrodalga koşullarına bağlı olarak sabit hızda ya da azalan hızda kuruma periyotları şeklinde devam etmiştir.

İzli ve ark. (2014) yapmış oldukları araştırmada altın çileklere (*Physalis peruviana* L.) konvansiyonel (75 ve 100°C), mikrodalga (160W) ve mikrodalga-konvansiyonel (160W-75°C ve 160W-100°C) kurutma yöntemlerini uygulayarak örneklerdeki renk değerleri, toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan kapasiteleri kıyaslanmıştır. En hızlı kuruma 160W-100°C uygulanan örneklerde gerçekleşmiştir.

5.1.3 Kurutmaya bağlı renk değişimi

Kurutma koşulları farklı olan kurutulmuş ve taze aronya meyvelerine ait L*, a*, b* değerleri Tablo 5.2-5.4'te gösterilmektedir.

Tablo 5.2: Taze ve kurutulmuş aronya meyvesine ait L* değerleri ve yüzde değişimleri

Kurutma Şartları	Taze	Kuru	% Değişim
90 W	28,74	26,54	-7,65±1,03 ^{ab}
180 W	28,55	26,26	-8,02±0,64 ^b
360 W	28,75	23,43	-18,50±0,82 ^e
50 C	28,88	26,92	-6,79±0,86 ^a
60 C	28,98	26,66	-8,01±1,18 ^b
70 C	29,15	26,22	-10,05±0,59 ^{bc}
50 C + 90 W	29,33	27,15	-7,43±0,86 ^{ab}
50 C + 180 W	29,10	26,83	-7,80±0,54 ^{ab}
50 C + 360 W	28,85	24,98	-13,41±0,84 ^d
60 C + 90 W	28,75	25,92	-9,84±0,45 ^{bc}
60 C + 180 W	28,76	25,25	-12,20±0,74 ^{cd}
60 C + 360 W	28,89	24,62	-14,78±1,12 ^d
70 C + 90 W	28,75	24,67	-14,19±0,71 ^d
70 C + 180 W	28,85	23,19	-19,62±0,91 ^{ef}
70 C + 360 W	29,15	22,55	-22,64±1,04 ^f

¹Farklı harfler verilen değerlerin p<0,05 seviyesinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Taze aronya meyvelerine ait L* değerleri 28,75-29,33 arasındadır. Meyvelerin kurutulmasından sonra L* değerlerinde düşüş meydana gelmiş ve değerler 22,55-27,15 arasında değişiklik göstermiştir. Meyve kurutma işlemiyle birlikte L* değerlerinde azalma gözlemlenmiştir.

Tablo 5.3: Taze ve kurutulmuş aronya meyvesine ait a* değerleri ve yüzde değişimleri

Kurutma Şartları	Taze	Kuru	% Değişim
90 W	18,12	19,63	8,33±0,41 ^g
180 W	18,15	21,15	16,53±1,49 ^{fg}
360 W	18,44	33,77	83,13±3,11 ^d
50 °C	18,23	19,65	7,79±0,58 ^g
60 °C	17,77	19,54	9,96±1,09 ^g
70 °C	17,96	19,89	10,75±1,01 ^g
50 °C + 90 W	17,85	19,45	8,96±0,59 ^g
50 °C + 180 W	17,86	22,15	24,02±1,43 ^{ef}
50 °C + 360 W	17,98	55,23	207,17±5,97 ^c
60 °C + 90 W	17,99	20,01	11,23±1,18 ^g
60 °C + 180 W	18,05	22,15	22,71±0,98 ^{ef}
60 °C + 360 W	18,06	66,18	266,45±6,63 ^b
70 °C + 90 W	18,15	22,15	22,04±1,10 ^{ef}
70 °C + 180 W	18,26	23,42	28,26±1,13 ^e
70 °C + 360 W	18,34	71,12	287,79±7,30 ^a

¹Farklı harfler verilen değerlerin p<0,05 seviyesinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Taze ve kuru aronya meyvelerine ait a^* değeri kurutmaya birlikte artış göstermiştir. Sıcaklık ve mikrodalga gücü değerlerinin artmasıyla a^* değerindeki artışın yükseldiği gözlemlenmiştir. Taze ve kuru örnekler için a^* değer aralıkları sırasıyla 17,77-18,58 ve 19,45-71,12 olarak belirlenmiştir. Aronya meyvelerinin 180W, 360W ve bu mikrodalga gücünün sıcak hava ile kombinasyonlarıyla kurutulmasıyla a^* değerleri üzerinde yaptığı etki istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Bu kurutmalarda 360W ve 360W mikrodalga gücünün sıcak hava ile kombinasyonlarındaki kurutmalarda aronya meyvelerinde tamamen renk kararması meydana gelmiştir. Renk değişim sebebinin kabukta ve meyvede bolca bulunan flavonoidlerin kurutma sırasında zarara uğramasından olduğu düşünülmektedir. Diğer kurutma koşullarında ise kuru ürünlerde benzer birbirine yakın a^* değerleri değişimleri gözlemlenmiştir.

Tablo 5.4: Taze ve kurutulmuş aronya meyvesine ait b* değerleri ve yüzde değişimleri

Kurutma Şartları	Taze	Kuru	% Değişim
90 W	7,51	7,06	-5,99±0,53 ^a
180 W	7,60	6,85	-9,87±0,56 ^b
360 W	7,75	6,53	-15,74±0,86 ^c
50 °C	7,78	7,53	-3,21±0,55 ^a
60 °C	7,65	7,25	-5,23±0,76 ^a
70 °C	7,99	7,32	-8,39±0,88 ^b
50 °C + 90 W	7,55	7,12	-5,70±0,88 ^a
50 °C + 180 W	8,96	7,52	-16,07±0,44 ^{cd}
50 °C + 360 W	7,99	6,38	-20,15±1,37 ^{ef}
60 °C + 90 W	7,35	6,11	-16,87±0,73 ^{cd}
60 °C + 180 W	9,95	8,95	-10,05±0,48 ^b
60 °C + 360 W	7,72	6,05	-21,63±0,99 ^f
70 °C + 90 W	8,05	7,23	-10,19±0,46 ^b
70 °C + 180 W	8,02	6,65	-17,08±0,90 ^{de}
70 °C + 360 W	7,78	5,88	-24,42±1,08 ^g

¹Farklı harfler verilen değerlerin p<0,05 seviyesinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Aronya meyvelerinin b* değerlerinde kurutma işlemi sonrası azalma görülmektedir. Taze örneklerde b* değeri 7,35-9,95 arasında değişirken kuru örneklerde ise 3,38-8,95 arasındadır. Aronya meyvesi açısından sarılık (b*) değerinin renk kriterleri açısından bir önemi yoktur. Kuru aronya meyvelerinde bu sarılık değerinin 360W ve bu mikrodalga gücünün sıcak hava ile kombinasyonlarındaki kurutmalarda önemli derecede azaldığı gözlenmiştir. Meydana gelen kararmaların

buna sebep olduğu düşünülmektedir. Diğer kurutma koşullarında kurutulan meyvelerde sarılık değeri taze örneklerle göre çok fazla azalmamıştır.

Maskan (2000) yaptığı araştırmada sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonlarıyla yapılan kurutma işleminde muz dilimlerinin renk değişimlerini L^* , a^* ve b^* değerlerine göre değerlendirmiştir. Taze muz diliminin L^* değeri 71,01 iken, kurutmalar sonucu bu değer 40,815-62,08 arasında bulunmuştur. Taze muz diliminde 3,96 olan a^* değeri kurutmanın etkisiyle birlikte daha yüksek tespit edilmiştir. Meyvede meydana gelen bu farklılıklar enzimatik olmayan esmerleşmeyle alakalı olabileceği düşünülmektedir. Muz dilimlerinin b^* değerinde de kurutma işlemi sonucu artış gözlemlenmiştir. Bundan kaynaklı olarak meyvenin sahip olduğu sarılık ölçü değeri artmıştır.

Alibaş (2007) yaptığı araştırmada 1 m/s hava hızına sahip fırında sıcak hava (50 ve 75°C), mikrodalga (160 ve 350W) ve sıcak hava + mikrodalga kombinasyonları ile kabak dilimlerine kurutulma işlemi uygulanmıştır. Kurutma işlemleri sonucu örneklerle ait renk değerleri karşılaştırılmıştır. En iyi renk değerlerine sahip kabak dilimlerinin kombinasyonlu kurutma sırasında olduğu gözlemlenmiştir. Hava ile kurutmanın en büyük dezavantajı diğer kurutma yöntemlerine göre kuruma süresinin daha uzun sürmesi ve buna bağlı olarak kabak dilimlerinde kararmalara neden olmasıdır. Taze kabak dilimleri ile en yakın olan renk değerleri (L^* , a^* , b^*) sıcak hava + mikrodalga yönteminde tespit edilmiştir. Kombinasyon kurutma sistemlerinde ise taze örneklerle en yakın olan renk değerleri, 75°C-350 W kombinasyonu olduğu tespit edilmiştir.

İzli ve ark. (2014) yapmış oldukları araştırmada altın çileklere (*Physalis peruviana* L.) konvansiyonel (75 ve 100°C), mikrodalga (160W) ve mikrodalga-konvansiyonel (160W-75°C ve 160W-100°C) kurutma yöntemlerini uygulayarak örneklerdeki renk değerleri kıyaslanmıştır. 160W mikrodalga gücünde kurutulan çileklerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^* değerleri) yüksek ve taze çileklerin renk değerleriyle benzerlik gösterirken konvansiyonel ve konvansiyonel-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulan örneklerin renk değerleri düşük ve daha koyu bir renkte olduğu yapılan araştırmalar sonucunda görülmüştür.

Doboğu ve ark. (2012) tarafından yapılan bir araştırmada karadut rnekleli liyofilizasyon, konvansiyonel ve vakumlu kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve kalite parametreleri olan antosiyanin içeriği, nem içeriği, rehidrasyon kapasitesi ve renk değerleri açısından analiz edilmiştir. Liyofilizasyon yönteminde düşük ısıl işlem uygulaması olduğu için L^* ve a^* değerinde düşük oranda azalış olup, dondurarak kurutulmuş ürünün renk kalitesi diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

5.1.4 Toplam Fenolik Madde, Antioksidan Aktivite Değerimi ve Toplam Monomerik Antosiyanin Değerimi

Taze ve kuru aronya meyvelerinin toplam fenolik madde miktarları, antioksidan aktiviteleri ve toplam antosiyanin madde miktarları Tablo 5.5, Tablo 5.6 ve Tablo 5.7 'de verilmiştir.

Tablo 5.5: Farklı kurutma şartlarında kurutulan aronya meyvelerine antioksidan aktivite miktarlarının taze meyvelere göre değişimi

Kurutma Şartları	Antioksidan Aktivite (mmol TE/g kuru madde)	Antioksidan Aktivite (mmol TE/g kuru madde)	Yüzde Değişim
	Kuru	Taze	% Değişim
90 W	0,455	1,939	-76,52±1,75 ^{efg}
180 W	0,516	1,976	-73,88±1,11 ^{de}
360 W	0,601	1,878	-67,99±0,71 ^{abc}
50 °C	0,442	1,936	-77,15±1,01 ^{fg}
60 °C	0,477	1,993	-76,03±0,79 ^g
70 °C	0,499	1,977	-74,72±1,07 ^{efg}
50 °C + 90 W	0,470	1,815	-74,09±0,52 ^{def}
50 °C + 180 W	0,511	1,812	-71,85±1,26 ^{cd}
50 °C + 360 W	0,595	1,889	-68,46±1,93 ^{ab}
60 °C + 90 W	0,543	2,015	-73,04±0,31 ^{de}
60 °C + 180 W	0,561	2,000	-71,92±0,55 ^{cd}
60 °C + 360 W	0,594	1,834	-67,58±0,86 ^{abc}
70 °C + 90 W	0,488	2,004	-75,64±0,81 ^{efg}
70 °C + 180 W	0,609	1,835	-66,79±0,74 ^a
70 °C + 360 W	0,609	2,011	-69,99±1,14 ^{bc}

¹Farklı harfler verilen değerlerin p<0,05 seviyesinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 5.6: Farklı kurutma şartlarında kurutulan aronya meyvelerine ait toplam fenolik madde miktarlarının taze meyvelere göre değişimi

Kurutma Şartları	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/g kuru madde)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/g kuru madde)	Yüzde Değişim
	Kuru	Taze	% Değişim
90 W	1439,38	3102,27	-53,60±1,25 ^k
180 W	1589,27	3063,84	-48,12±0,65 ^j
360 W	1647,16	2850,95	-42,22±0,59 ^f
50 °C	1435,85	2818,02	-49,05±0,50 ^h
60 °C	1515,63	2922,68	-48,14±0,41 ^{ij}
70 °C	1623,98	3021,82	-46,25±0,31 ^{ghu}
50 °C + 90 W	1635,22	3108,74	-47,39±0,64 ^{huj}
50 °C + 180 W	1574,72	2908,51	-45,85±0,44 ^{gh}
50 °C + 360 W	1780,96	2870,71	-37,96±0,64 ^{cd}
60 °C + 90 W	1601,28	2905,74	-44,89±0,53 ^g
60 °C + 180 W	1690,04	2854,14	-40,79±0,55 ^{ef}
60 °C + 360 W	1764,35	2674,63	-34,03±0,63 ^b
70 °C + 90 W	1648,65	2758,55	-40,23±0,51 ^{de}
70 °C + 180 W	1744,08	2540,13	-31,33±1,17 ^a
70 °C + 360 W	2101,28	3278,80	-35,91±0,58 ^{bc}

¹Farklı harfler verilen değerlerin p<0,05 seviyesinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 5.7: Farklı kurutma şartlarında kurutulan aronya meyvelerine ait toplam monomerik antosiyanin miktarlarının taze meyvelere göre değişimi

	Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg/100g KM)	Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg/100g KM)	Yüzde Değişim
Kurutma Şartları	Kuru	Taze	% Değişim
90 W	1446,30	2254,40	-35,84±1,26 ^b
180 W	1272,29	2112,56	-39,77±0,38 ^{cd}
360 W	1031,04	1924,64	-46,42±0,71 ^e
50 °C	1447,10	2097,52	-31,00±0,46 ^a
60 °C	1399,52	2061,48	-32,11±0,31 ^a
70 °C	1403,97	2306,63	-39,13±0,34 ^{cd}
50 °C + 90 W	1617,11	2405,47	-32,77±0,47 ^a
50 °C + 180 W	1335,94	2251,75	-40,67±0,33 ^d
50 °C + 360 W	1249,63	2325,23	-46,25±0,43 ^{ef}
60 °C + 90 W	1516,29	2433,77	-37,69±0,55 ^{bc}
60 °C + 180 W	1402,84	2588,63	-45,80±0,69 ^e
60 °C + 360 W	1257,29	2527,56	-50,25±1,04 ^g
70 °C + 90 W	1415,21	2542,25	-44,33±2,01 ^e
70 °C + 180 W	1334,71	2527,56	-47,19±1,00 ^{fg}
70 °C + 360 W	1148,76	3334,81	-57,75±1,02 ^h

¹Farklı harfler verilen değerlerin p<0,05 seviyesinde farklı olduğunu ifade etmektedir.

Aronya meyvesinde bulunan antioksidan aktiviteleri 1,82-2,01 mmol TE/g kuru madde arasında değişmektedir. Kurutulan aronya örneklerine ait antioksidan aktiviteleri ise 0,44-0,61 mmol TE/g kuru madde arasında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda kurutma işlemi sonucu taze örneklerle göre kuru örneklerde azalma gözlemlenmiştir. Bu sonucun aronya meyvelerine uygulanan ısıl işlem sırasında meyvede doğal olarak bulunan antioksidanların bozunmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sıcaklığın ve mikrodalga gücün artması sonucunda kuruma süreleri azalmaktadır ve buna bağlı olarak örneklerin antioksidan aktivitesindeki düşüşte azalma gözlemlenmektedir.

Kurutma süresi 340 dakika ile en uzun olan 50°C sıcak hava ile kurutmada, antioksidan aktivitedeki azalma %77,15 ile en fazla olarak tespit edilmiştir. 50°C sıcak havayla beraber kullanılan mikrodalga uygulamalarında ise antioksidan aktivitedeki azalma, mikrodalga gücün (90, 180 ve 360W) arttırılmasıyla beraber sırasıyla %74,09, %71,85 ve %68,46'a kadar düşmektedir. Kurutma sıcaklığı ve mikrodalga gücü açısından 70°C-360W kombinasyonundan sonra en yüksek olduğu 70°C-180W kombinasyonu ise antioksidan aktivitedeki azalmanın %66,79 ile en düşük olduğu koşul olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerin ışığında kurutma yöntemlerinin antioksidan aktivite üzerindeki önemi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Horuz ve diğ. (2017^a) yaptıkları araştırmada vişne meyvesinin konvektif ve hibrit sistem (konvektif-mikrodalga) ile kurutulması sonucu taze örneklerdeki antioksidan aktivitenin kurutma sonrası azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kurutulmuş vişne meyveleri arasında kıyaslama yapıldığında hibrit sistem içerisinde yapılan kurutmalarda antioksidan aktivitenin konvektif sistemde yapılan kurutmalara göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Rodríguez ve ark. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada antioksidan içeriği başta olmak üzere zengin biyoaktif içeriklere sahip murtaberries (*Ugni molinae* T.) meyvesine 40, 50, 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarda konvansiyonel kurutma işlemi uygulanarak biyoaktif madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri kıyaslanmıştır.

Meyveye uygulanan yüksek sıcaklık (70-80°C) değerlerinde, düşük sıcaklık (40-50°C) değerlerine göre antioksidan aktivitesi daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Wojdyło ve ark. (2009) tarafından yapılan araştırmada 240, 360 ve 480W mikrodalga gücünde vakum-mikrodalga kombinasyonlu kurutucuda çilek meyvelerini kurutulmuşlardır. Araştırmada bu kurutma işleminin taze ve kurutulmuş meyvedeki kalite özellikleri üzerine etkisi konvansiyonel, vakum ve dondurarak kurutma yöntemleriyle karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre kurutma yöntemlerinin tümü çilekteki antosiyanin, flavanoller ve askorbik asidi parçaladığı ve buna bağlı olarak da antioksidan aktivitesini önemli oranda azalttığı tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri arasında kıyaslama yapılacak olursa dondurarak kurutma işleminin antioksidan aktivitesini koruyan en iyi yöntemlerden biri olduğu tespit edilmiştir. En fazla antioksidan kayıplarının olduğu kombinasyonlar konvansiyonel ve vakum kurutma kombinasyonları olduğu rapor edilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı değişimlerini incelediğimizde kurutma işlemleri sonucu aronya meyvelerindeki toplam fenolik madde miktarında kuru madde cinsinden azalma gözlenmektedir. Taze aronya meyvelerindeki toplam fenolik madde miktarı 3278,80-2674,63 mg GAE/g kuru madde arasındadır. Kuru örneklerde ise 1435,85-2101,28 mg GAE/g kuru madde aralığında bulunmuştur. Kurutma sonrasındaki toplam fenolik madde miktarındaki azalmanın kurutma işleminden dolayı olduğu düşünülmektedir. Elde edilen veriler sonucu sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonlarındaki artışla birlikte kuruma süreleri azalmaktadır. Kuruma süresi ile doğru orantılı olarak fenolik madde kaybının azaldığı gözlenmektedir.

90W sıcak hava ile yapılan kurutmada toplam fenolik madde miktarındaki kayıp %53,60 ile en yüksek gözlemlenirken, 70°C-180W, 60°C-360W ve 70°C-360W ile yapılan kurutmalardaki toplam fenolik madde miktarındaki kayıp %31,33, %34,03 ve %35,91 ile en düşük değerler olarak gözlenmiştir. Sıcak hava ve mikrodalga kurutma durumları kendi içerisinde incelendiğinde kurutma koşullarının yükselmesi sonucu toplam fenolik madde miktarındaki azalma düşmektedir. Son olarak kurutma süresinin 80 dakika ile en kısa süren 70°C-180W kombinasyonunda toplam fenolik

madde miktarı 2540,13 mg GAE/g kuru maddeden 1744,08 mg GAE/g kuru madde seviyesine düşmüştür. %31,33 ile bu kurutma koşulunda en düşük azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Taze örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı ile kurutma işlemi sonrası elde edilen toplam fenolik madde miktarları arasındaki değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Horuz ve diğ. (2017^b) araştırmalarında 60°C sıcaklık + 120, 150 ve 180W mikrodalga gücünde kuruttıkları domates dilimlerini ek olarak, 20 ve 40 dakikalık ultrases uygulamasına tabi tutmuşlardır. Bu uygulamalar sonucu Ultrases uygulaması yapılmayan örnekler baz alındığı zaman toplam fenolik madde miktarı taze üründe 8,27 mg GAE/g kuru madde tespit edilirken, kuru örneklerde 60°C-120W, 60°C-150W ve 60°C-180W için sırasıyla 9,59 mg GA/g kuru madde, 10,88 mg GAE/g kuru madde ve 6,81 mg GAE/g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara bakarak kurutma işlemi sonrası 120W ve 150W ile yapılan kombinasyon kurutmalarda taze örneğe göre artış meydana gelirken, 180W ile yapılan kurutmada %17,65 azalma olduğunu gözlemlenmiştir.

Petković ve ark. (2019) araştırmasında konvektif kurutma metoduyla aronya meyvelerini 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Bu uygulamalar sonucu sıcaklık artışıyla beraber toplam fenolik madde kaybında artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara bakarak kurutma işlemi sonrası 50°C, 60°C ve 70°C yapılan kombinasyon kurutmalarda taze ürün ile kıyaslandığında sırasıyla %63,25, %74,22 ve %77,60 azalma gözlenmiştir.

Rodríguez ve ark. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada antioksidan içeriği başta olmak üzere zengin biyoaktif içeriklere sahip murtaberries (*Ugni molinae* T.) meyvesine 40, 50, 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarda konvansiyonel kurutma işlemi uygulanarak biyoaktif madde içerikleri ve toplam fenolik madde içerikleri kıyaslanmıştır. Toplam fenolik ve flavonoid maddelerdeki kayıpların düşük sıcaklık ve uzun kurutma süresinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Wojdyło ve ark. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada vişnelere 50, 60 ve 70°C de konvansiyonel kurutma, 240, 360 ve 480 W vakum mikrodalga kurutma ve dondurularak kurutma yöntemleri uygulanarak örneklerin fenolik içerikleri ve diğer biyoaktif içerikleri karşılaştırılmıştır. Dondurularak kurutulan kontrol örneklerinin fenolik madde oranı konvansiyonel kurutmaya göre daha yüksek tespit edilirken, vakum mikrodalga (120W) kurutmadan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimlerini incelediğimizde kurutma işlemleri sonucu aronya meyvelerindeki toplam monomerik antosiyanin miktarında kuru madde cinsinden sıcaklık, mikrodalga ve hibrit şartlarının artışına bağlı olarak yüzde antosiyanin kaybında artış gözlenmektedir. Ayrıca her koşulun kendi içerisinde de artışıyla birlikte toplam monomerik antosiyanin miktarında kayıp artmaktadır. Buna bağlı olarak sıcaklığın etkisi, antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik maddelere etkisinden daha fazla olmuştur. Sıcaklığın antosiyanin üzerinde süreden daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir. Taze aronya meyvelerindeki toplam monomerik antosiyanin miktarı kuru madde bazında 1924,64-2588,63 mg/100g kuru madde arasındadır. Kuru örneklerde ise 1031,04-1617,11 mg/100g kuru madde aralığında bulunmuştur. Kurutma sonrasındaki toplam monomerik antosiyanin miktarındaki azalmanın kurutma işleminden dolayı olduğu düşünülmektedir. Elde edilen veriler doğrultusunda antosiyanin kaybıyla sıcaklık doğru orantılıdır.

50°C sıcak hava ile yapılan kurutmada toplam monomerik antosiyanin miktarındaki kayıp %31,00 ile en düşük gözlemlenirken, 70°C-360W, 60°C-360W ve 70°C-180W ile yapılan kurutmalardaki toplam monomerik antosiyanin miktarlarındaki kayıp %57,75, %50,25 ve %47,19 ile en yüksek değerler gözlenmiştir.

Sıcak hava ve mikrodalga kurutma durumları kendi içerisinde incelendiğinde kurutma koşullarının yükselmesi sonucu toplam monomerik antosiyanin miktarındaki kayıp artmaktadır. Taze örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin miktarı ile kurutma işlemi sonrası elde edilen toplam monomerik antosiyanin miktarları arasındaki değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Petković ve ark. (2019) araştırmasında konvektif kurutma metoduyla aronya meyvelerini 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Bu uygulamalar sonucu sıcaklık artışıyla beraber toplam monomerik antosiyanin miktarı kaybında artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara bakarak kurutma işlemi sonrası 50°C, 60°C ve 70°C yapılan kombinasyon kurutmalarda taze ürün ile kıyaslandığında sırasıyla %78,64, %92,78 ve %95,25 kayıp gözlenmiştir. Bu çalışmada sıcaklık artışıyla birlikte toplam monomerik antosiyanin miktarında kayıp artmaktadır.

Çağındı (2016) araştırmasında mikrodalga metoduyla kırmızı üzüm suyunu 0, 10, 30 ve 60 sn 700W mikrodalga gücüne tabi tutmuştur. Bu uygulamalar sonucu süre artışıyla beraber toplam monomerik antosiyanin miktarı kaybında artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara bakarak toplam monomerik antosiyanin miktarlarında, 10, 30 ve 60 sn sürelerle yapılan işlem sonucunda sırasıyla %2,85, %5,98 ve %9,95 kayıp gözlenmiştir. Bu çalışmada süre artışıyla birlikte toplam monomerik antosiyanin miktarında kayıp artmaktadır.

Wojdyło ve ark. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada vişnelere 50, 60 ve 70°C de konvansiyonel kurutma, 240, 360 ve 480 W vakum mikrodalga kurutma ve dondurularak kurutma yöntemleri uygulanarak örneklerin antosiyanin içerikleri ve diğer biyoaktif içerikleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda vakum mikrodalga gücü ile (480W) kurutma işleminde renk değerleri daha iyi seviyede tespit edilirken mikrodalga'nın şiddeti 120W'a düşürüldüğünde ise antosiyanin içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Dobooğlu ve ark. (2012) tarafından yapılan bir araştırmada karadut örnekleri liyofilizasyon, konvansiyonel ve vakumlu kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve kalite parametreleri olan antosiyanin içeriği, nem içeriği, rehidrasyon kapasitesi ve renk değerleri açısından analiz edilmiştir. Vakumlu kurutma yöntemiyle kurutulan karadut örneklerinin konvansiyonel kurutmaya göre antosiyanin kaybının daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Miletic ve ark. (2013) araştırmalarında Valjevka ve Mildora adında farklı türlerdeki eriklere 85-90°C’de havalı kurutma yöntemi uygulayarak fenolik bileşikler, antioksidan kapasiteleri ve antosiyanin içeriklerindeki değişimi araştırmışlardır. Eriklerin içerisinde bulunan bir antosiyanin olan siyanidin başlangıçta tespit edilmesine rağmen, yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı olamadığı için kurutulmuş eriklerde tespit edilmemiştir.

5.1.5 Kurutma Kinetiği ve Modelleme

Kurutma şartları farklı olarak kurutulan aronya meyveleri, kuruma süresince elde edilen deneysel MR sonuçlarının beş ayrı matematiksel modele uygunluğu araştırılmıştır.

Katsayı, model sabitleri ve istatistiksel veriler gibi matematiksel terimler Tablo 5.8-5.22 bulunmaktadır. 90W, 60°C ve 60°C – 90W kurutma kombinasyonlarında page model, modifiye page model ve lewis model genel olarakta page model ve modifiye page model, R^2 , RMSE ve χ^2 verilerine göre aronya meyvesinin kurutulmasını en iyi açıklayan modeller olduğu tespit edilmiştir. Her farklı koşul için yapılan kurutma işleminin Deneysel, Page ve Modifiye Page modelden oluşan MR değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması Şekil 5.9-5.41 arasında verilmiştir. Tablo 5.2-5.16 incelendiğinde; Page modele ait kinetik sabitin (k) mikrodalga, sıcak hava, sıcak hava-mikrodalga kombinasyonları için sırasıyla 0,0062-0,0191 *dakika*⁻¹, 0,0084-0,0086 *dakika*⁻¹, ve 0,0140-0,0261 *dakika*⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga şartları kendi içerilerinde kıyaslandığında kurutma koşullarının arttırılmasıyla kinetik sabitin de artış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca Page modele ait diğer bir sabit olan n değeri 0,9525-1,1039 değerleri arasında değişmiştir (Tablo 5.2-6.21). Aronya meyvelerini en iyi açıklayan model olduğu düşünölen Page modelin literatürdeki daha önceki çalışmalar incelendiğinde benzer şekilde uyumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

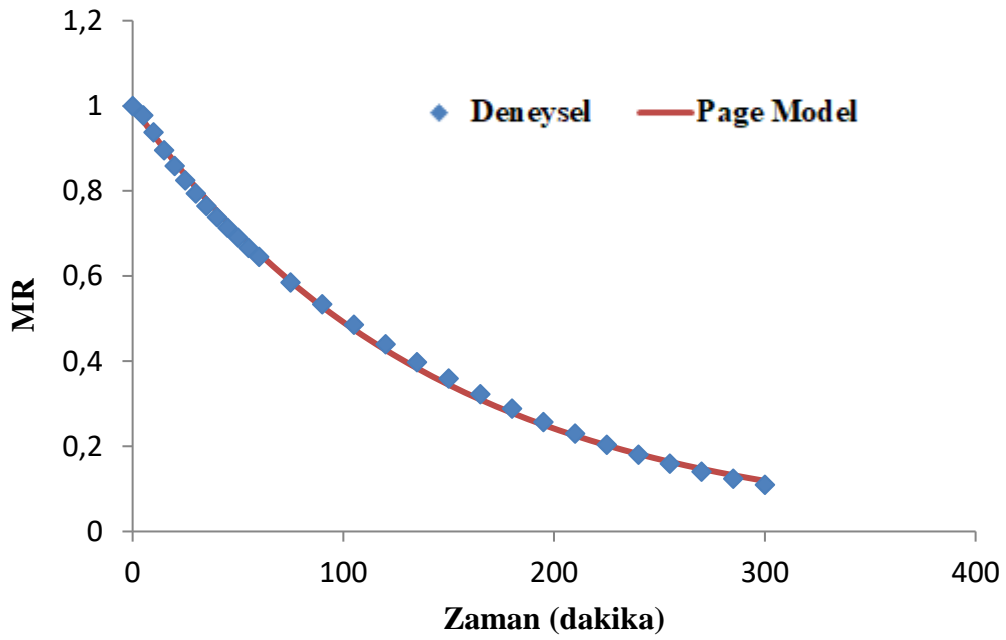
Horuz ve diğer. (2017^b) araştırmalarında 60°C sıcaklık + 120, 150 ve 180W mikrodalga gücünde kuruttukları domates dilimlerini ek olarak, 20 ve 40 dakikalık

ultrases uygulamasına tabi tutmuşlardır. Araştırmada Page modelin tüm kurutma şartları için en uygun model olduğunu gözlemlenmiştir.

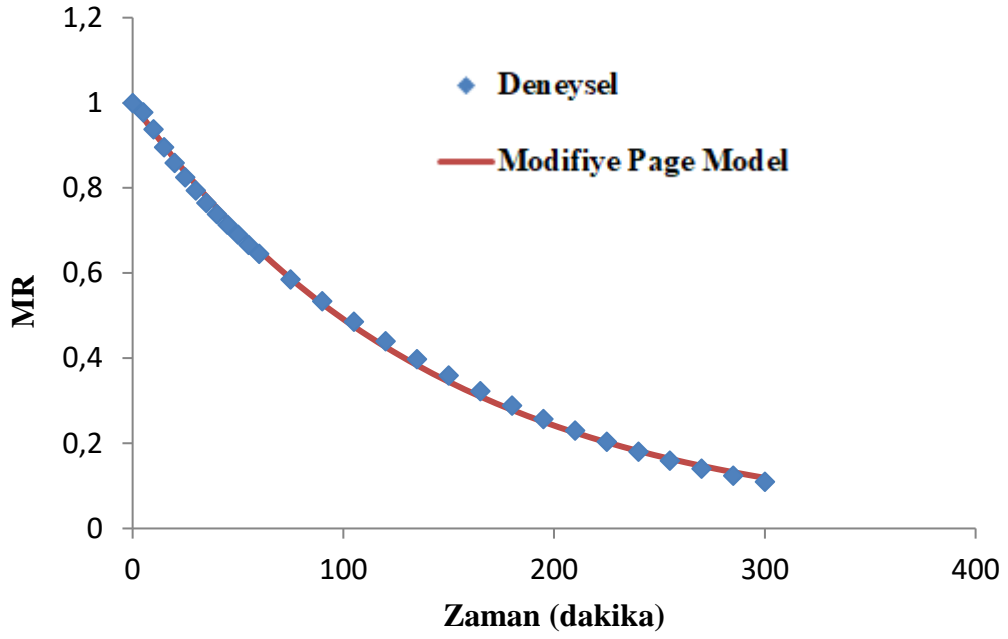
Soysal (2004) yaptığı araştırmada 360, 450, 540, 630, 720, 810, 900 W mikrodalga güçlerinde gerçekleştirdiği kurutmalarda maydanozun kurutma karakteristiklerini araştırmıştır. Bu araştırmalar doğrultusunda maydanozun kurutma kinetiğini en iyi açıklayan modelin Page model olduğunu literatüre kazandırmıştır.

Tablo 5.8: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 90W mikrodalga gücü koşulu için istatistiksel veriler

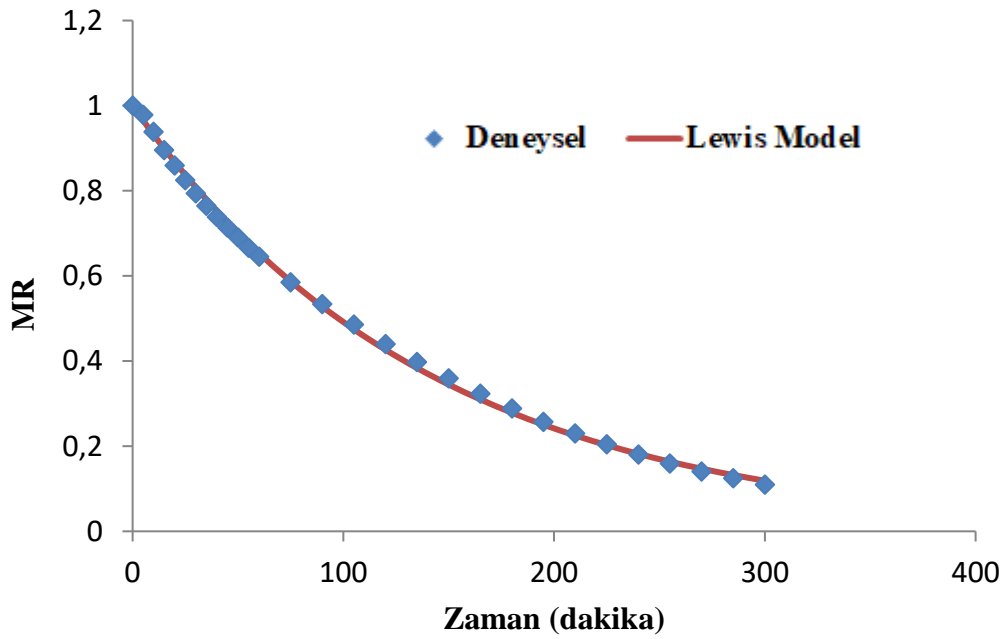
	90 W			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0071	0,9982	0,001839	0,000102
Henderson ve Pabis	k: 0,0072 a: 0,005	0,9983	0,111001	0,383781
Page	k: 0,0062 n: 1,0304	0,993	0,002501	0,000195
Modifiye Page	k: 0,0072 n: 1,0304	0,993	0,002501	0,000195
Logaritmik	k: 0,0101 a: 1,0287 c: 0,1163	0,9792	0,011453	0,004243



Şekil 5.9: 90W mikrodalga ile kurutulmuş aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



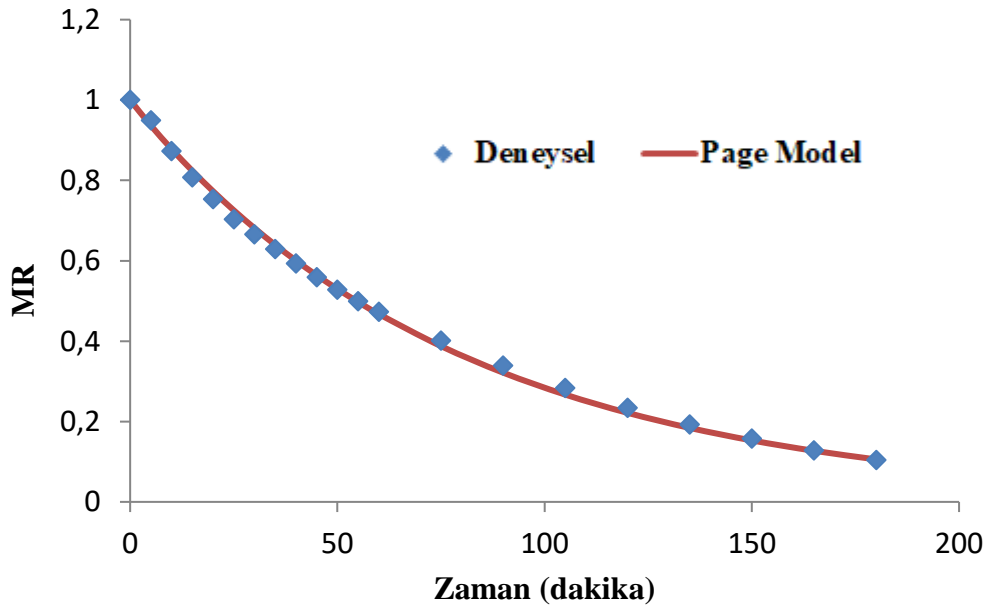
Şekil 5.10: 90W mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



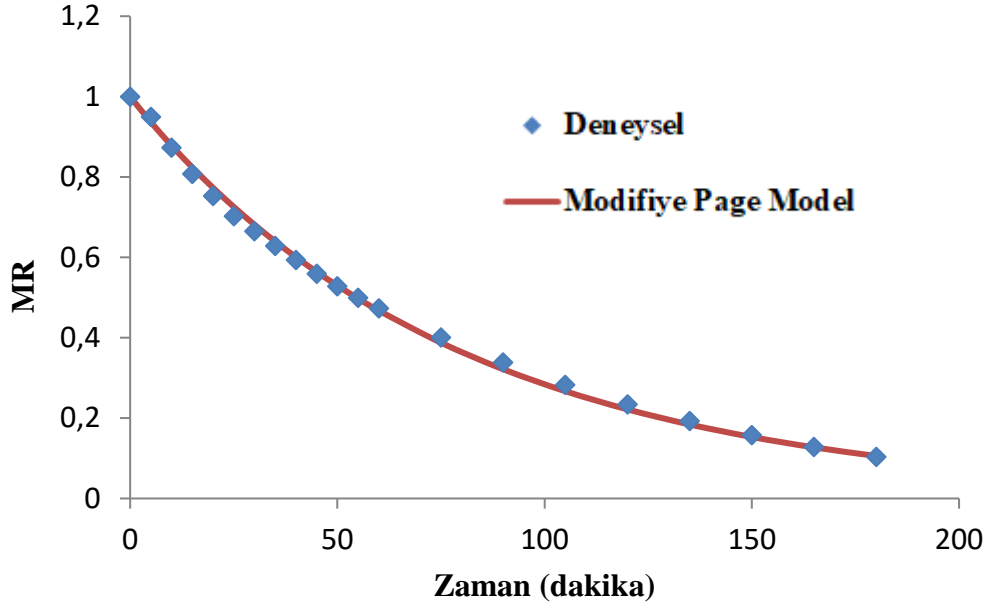
Şekil 5.11: 90W mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.9: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 180W mikrodalga gücü koşulu için istatistiksel veriler

	180 W			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0124	0,9985	0,003105	0,000213
Henderson ve Pabis	k: 0,0122 a: 0,019	0,9988	0,123720	0,355273
Page	k: 0,0134 n: 0,9862	0,9945	0,002531	0,000149
Modifiye Page	k: 0,0126 n: 0,9862	0,9945	0,002531	0,000149
Logaritmik	k: 0,0154 a: 1,0304 c: 0,1099	0,9969	0,017687	0,007664



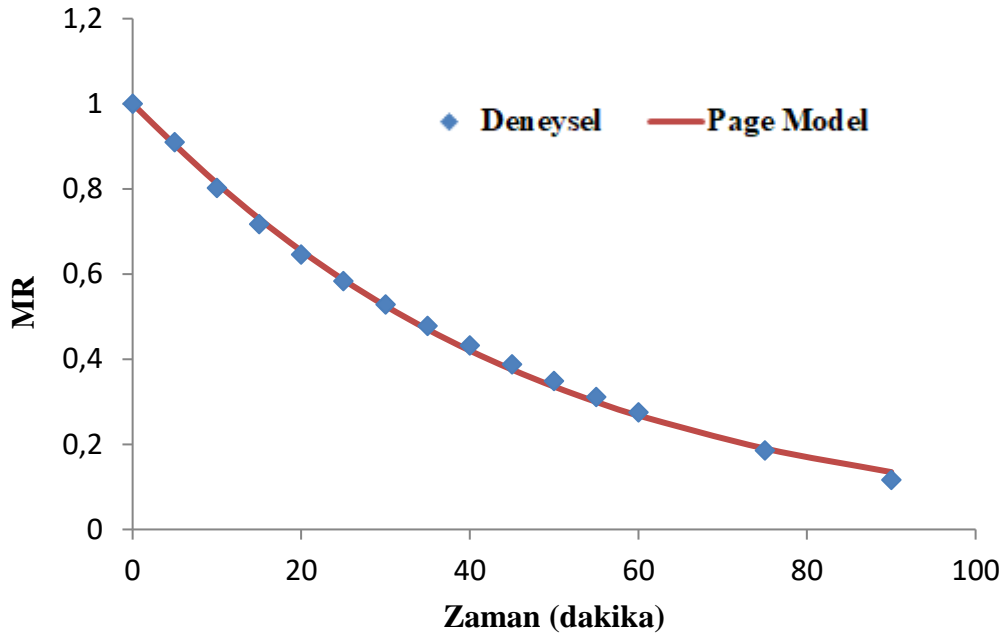
Şekil 5.12: 180W mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



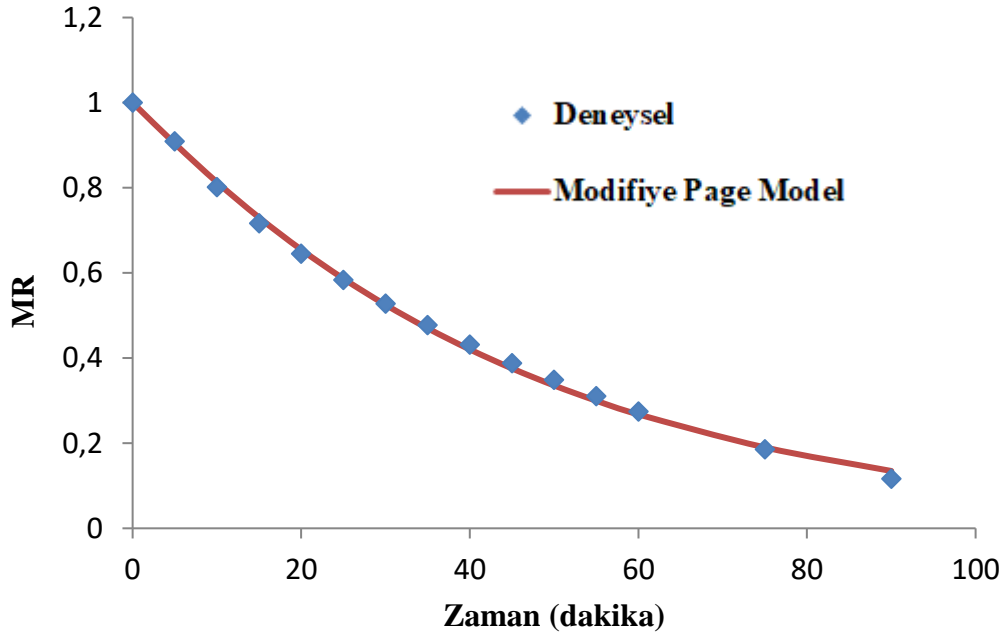
Şekil 5.13: 180W mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.10: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 360W mikrodalga gücü koşulu için istatistiksel veriler

	360 W			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0222	0,9922	0,003523	0,000199
Henderson ve Pabis	k: 0,0229 a: 0,0389	0,9936	0,142387	0,350896
Page	k: 0,0191 n: 1,0337	0,9975	0,002574	0,000115
Modifiye Page	k: 0,0218 n: 1,0337	0,9975	0,002574	0,000115
Logaritmik	k: 0,0311 a: 1,0111 c: 0,1238	0,9717	0,012925	0,003132



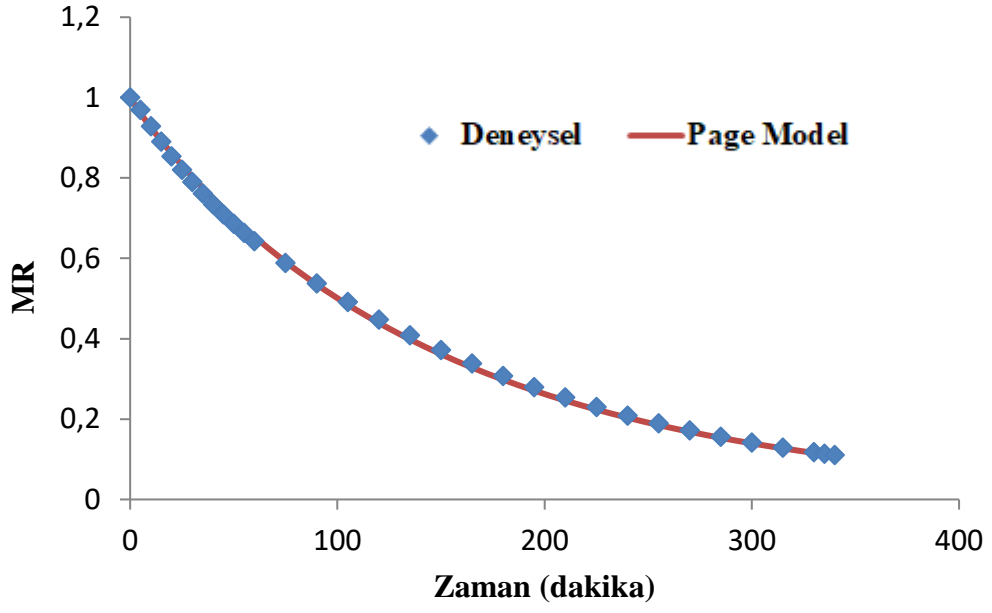
Şekil 5.14: 360W mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



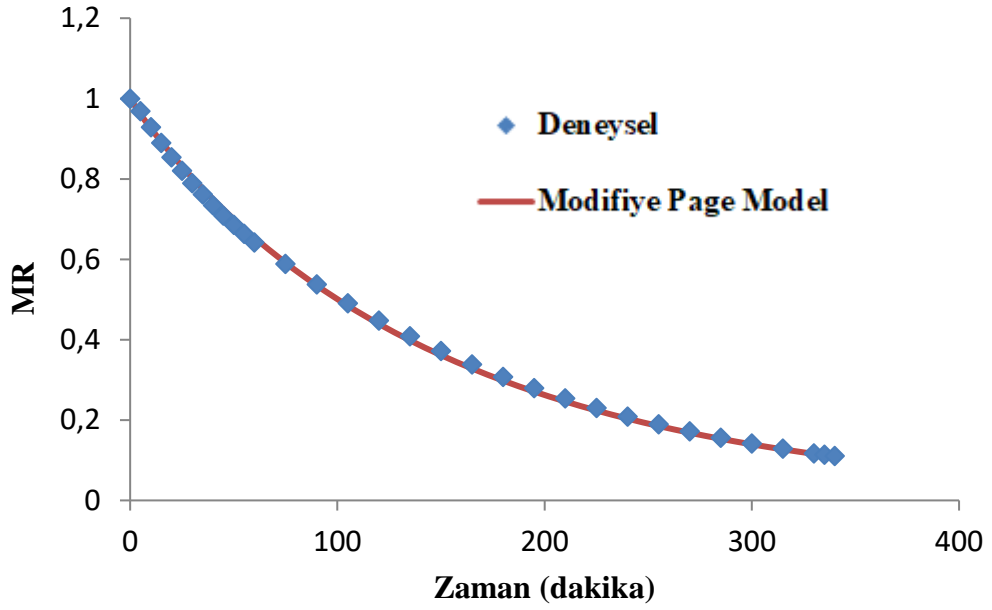
Şekil 5.15: 360W mikrodalga ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.11: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcak hava koşulu için istatistiksel veriler

	50°C			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0065	0,9987	0,003344	0,000380
Henderson ve Pabis	k: 0,0064 a: 0,036	0,9996	0,094812	0,315789
Page	k: 0,0086 n: 0,9526	0,9975	0,001449	0,000074
Modifiye Page	k: 0,0068 n: 0,9526	0,9975	0,001449	0,000074
Logaritmik	k: 0,0099 a: 1,0283 c: 0,1171	0,9777	0,010885	0,004301



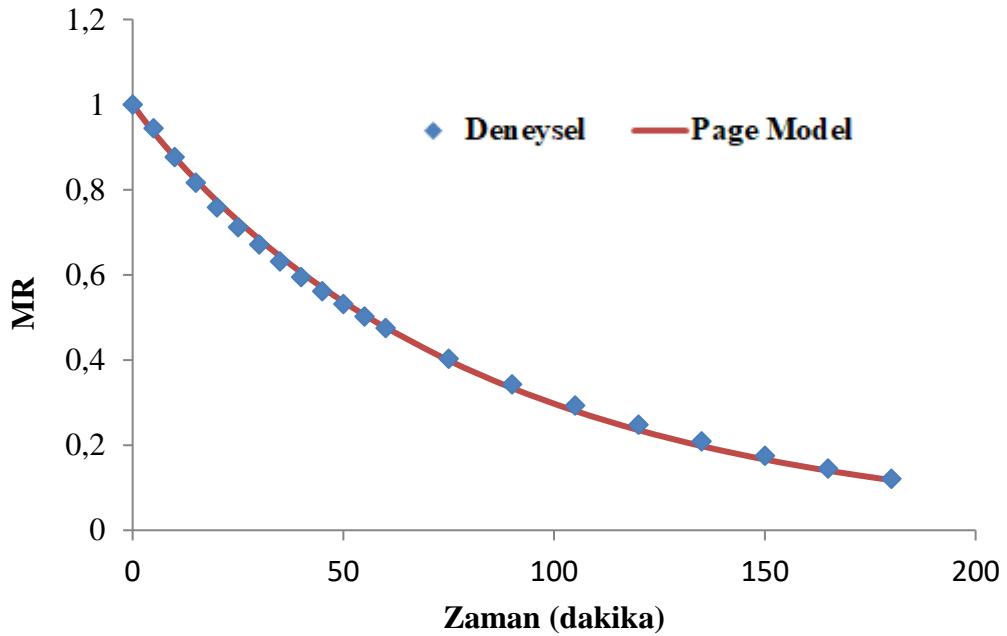
Şekil 5.16: 50°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



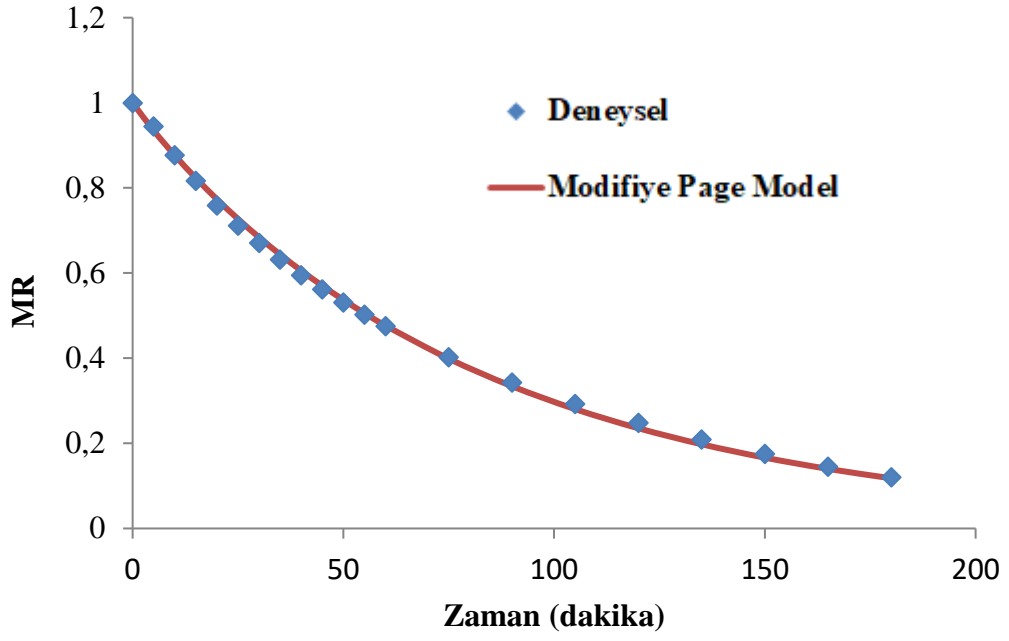
Şekil 5.17: 50°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.12: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	50°C 90 W			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0118	0,9974	0,004118	0,000374
Henderson ve Pabis	k: 0,00115 a: 0,039	0,999	0,120781	0,338594
Page	k: 0,0143 n: 0,9646	0,997	0,002016	0,000094
Modifiye Page	k: 0,0122 n: 0,9646	0,997	0,002016	0,000094
Logaritmik	k: 0,0163 a: 1,1047 c: 0,1284	0,9956	0,026284	0,016926



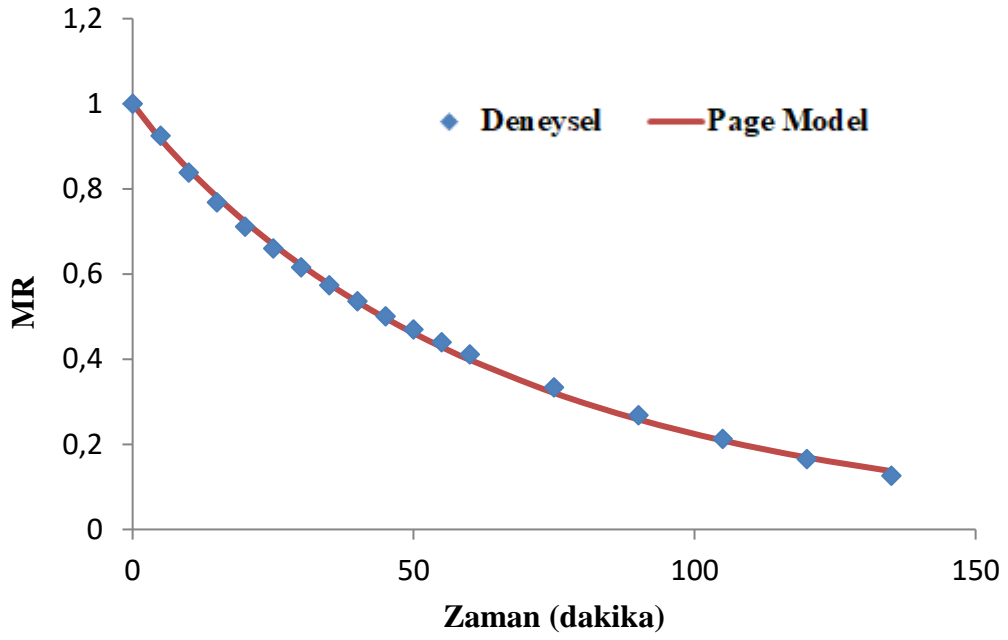
Şekil 5.18: 50°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



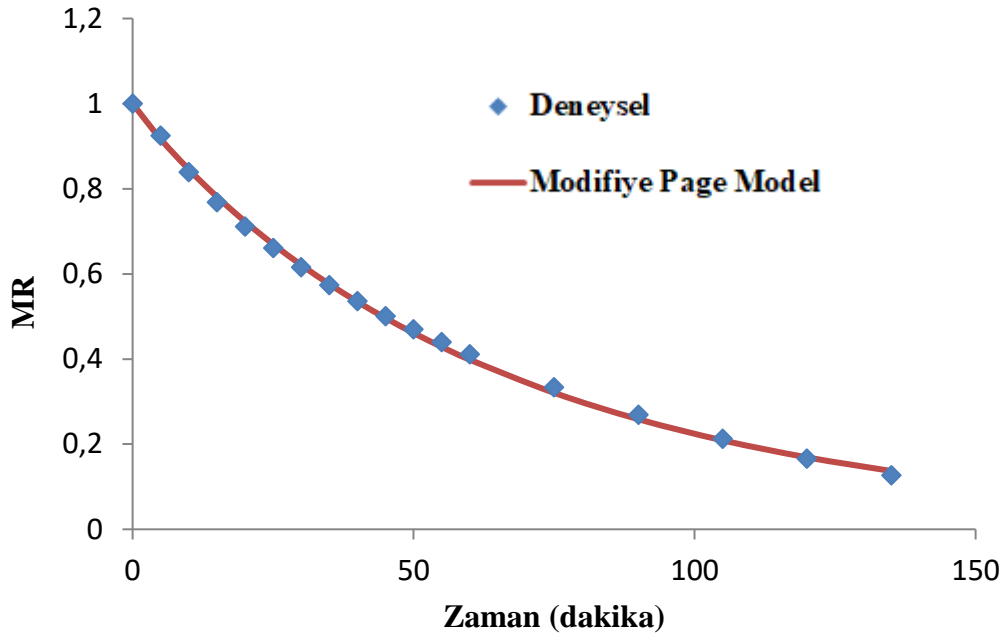
Şekil 5.19: 50°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.13: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	50°C 180 W			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0151	0,9978	0,003497	0,000233
Henderson ve Pabis	k: 0,0148 a: 0,0234	0,9984	0,134910	0,368564
Page	k: 0,0188 n: 0,9498	0,9976	0,002021	0,000083
Modifiye Page	k: 0,0153 n: 0,9498	0,9976	0,002021	0,000083
Logaritmik	k: 0,0194 a: 1,1389 c: 0,135	0,9969	0,036427	0,028661



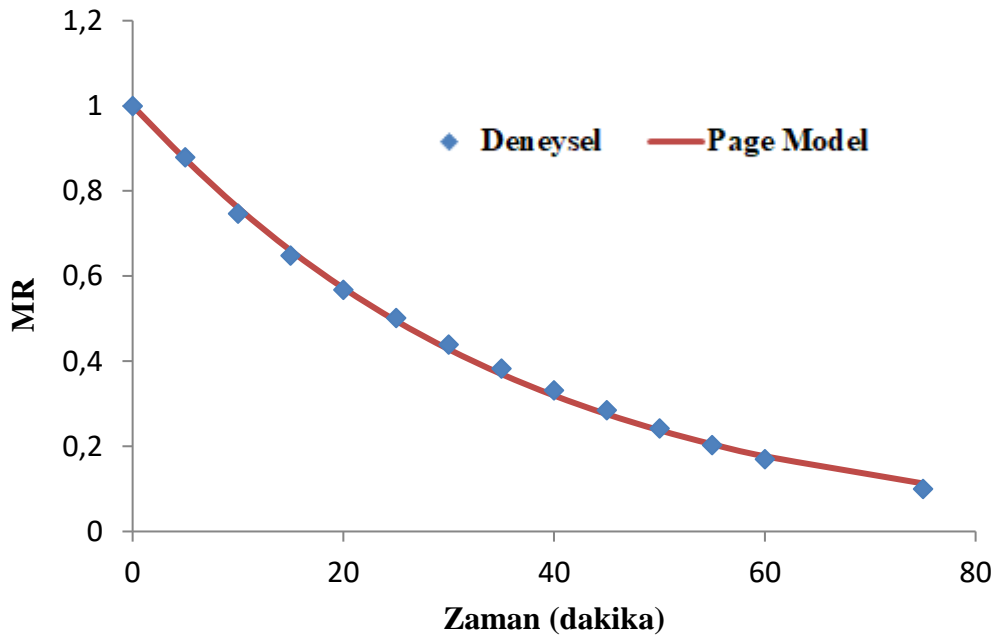
Şekil 5.20: 50°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



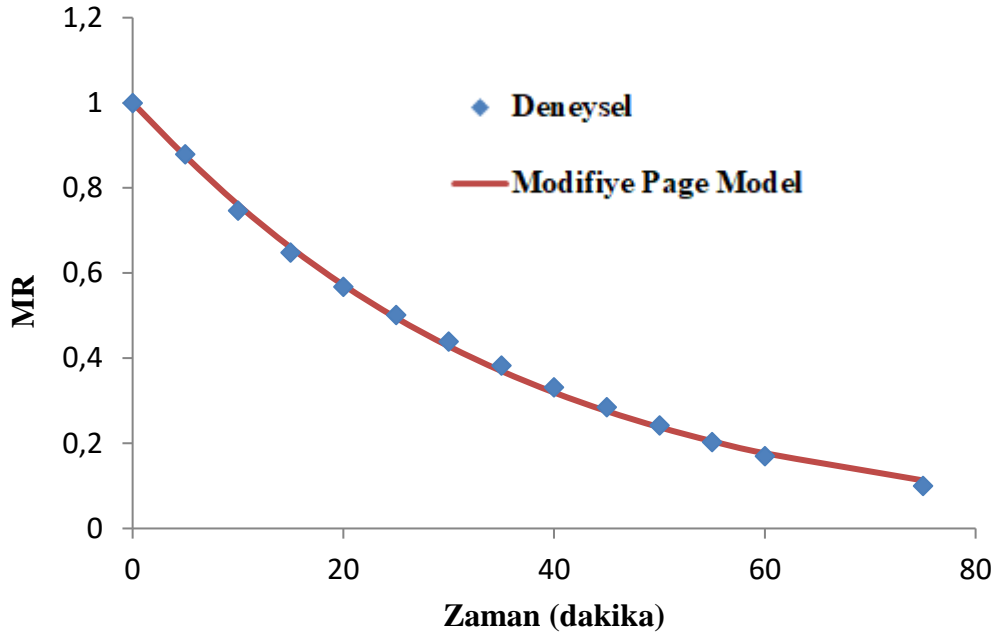
Şekil 5.21: 50°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.14: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 50°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	50°C 360 W			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0290	0,9946	0,003369	0,000171
Henderson ve Pabis	k: 0,0299 a: 0,0395	0,9958	0,137273	0,307785
Page	k: 0,0255 n: 1,0304	0,998	0,002472	0,000100
Modifiye Page	k: 0,0284 n: 1,0304	0,998	0,002472	0,000100
Logaritmik	k: 0,0173 a: 1,0326 c: 0,1055	0,9962	0,071305	0,090596



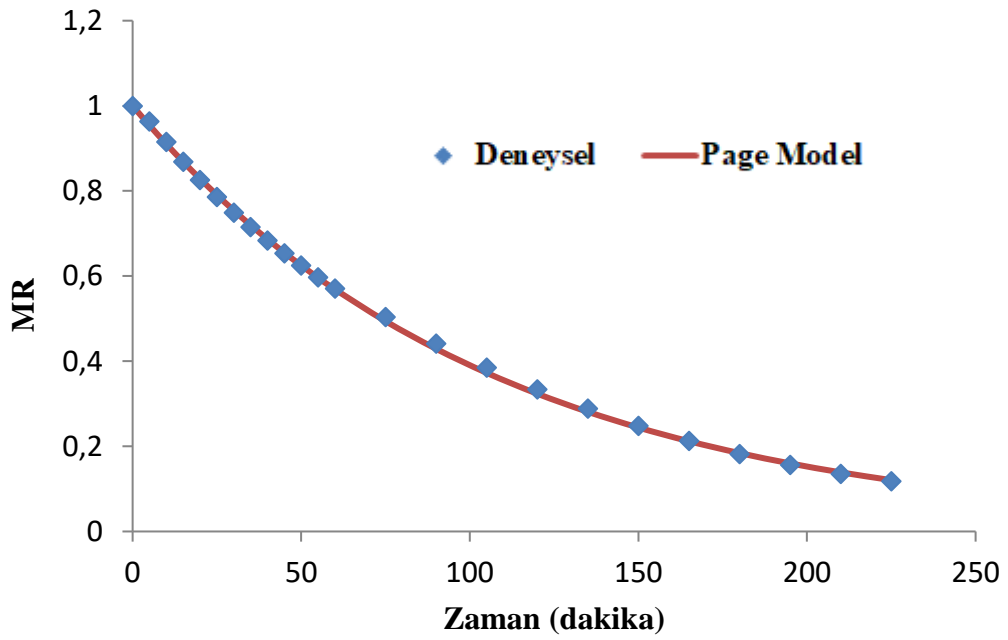
Şekil 5.22: 50°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



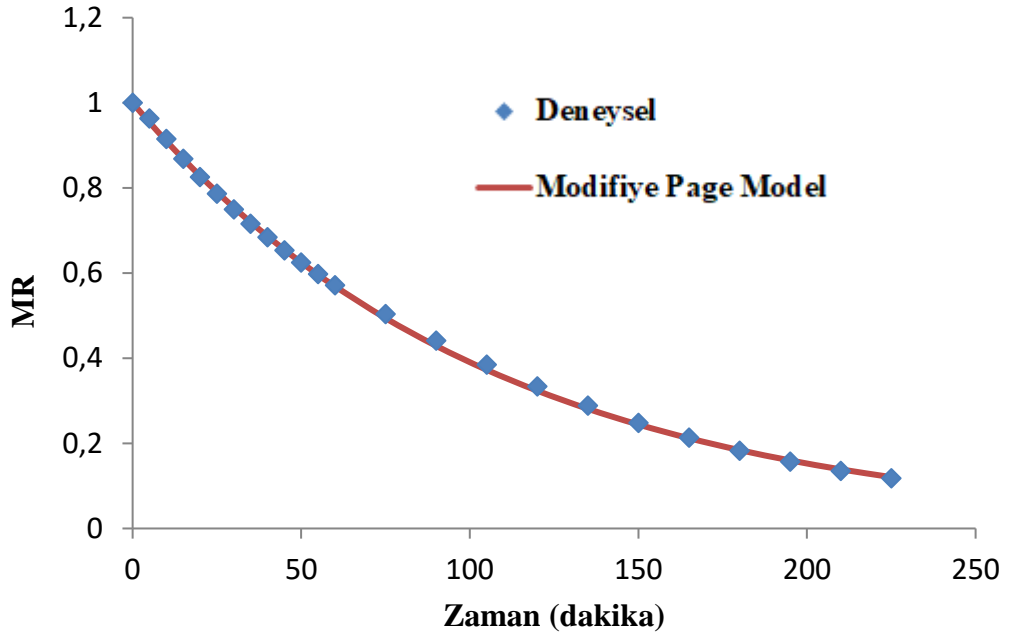
Şekil 5.23: 50°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.15: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcak hava için istatistiksel veriler

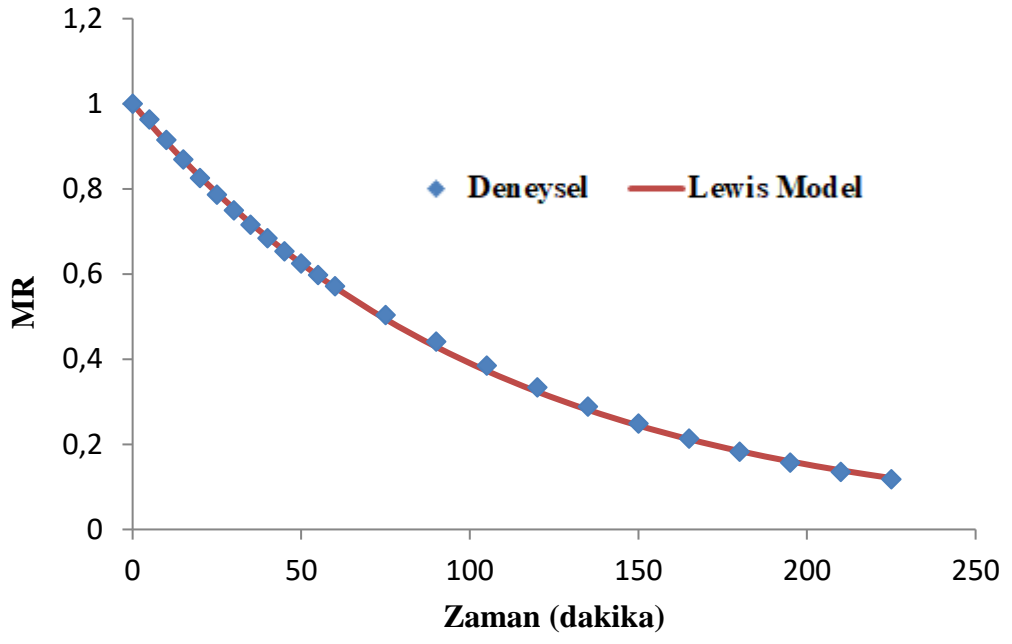
	60°C			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0094	0,9994	0,001178	0,000035
Henderson ve Pabis	k: 0,0094 a: 0,0067	0,9994	0,123133	0,396961
Page	k: 0,0084 n: 1,0232	0,9982	0,001472	0,000057
Modifiye Page	k: 0,0094 n: 1,0232	0,9982	0,001472	0,000057
Logaritmik	k: 0,0135 a: 1,0367 c: 0,1255	0,9845	0,013487	0,004989



Şekil 5.24: 60°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



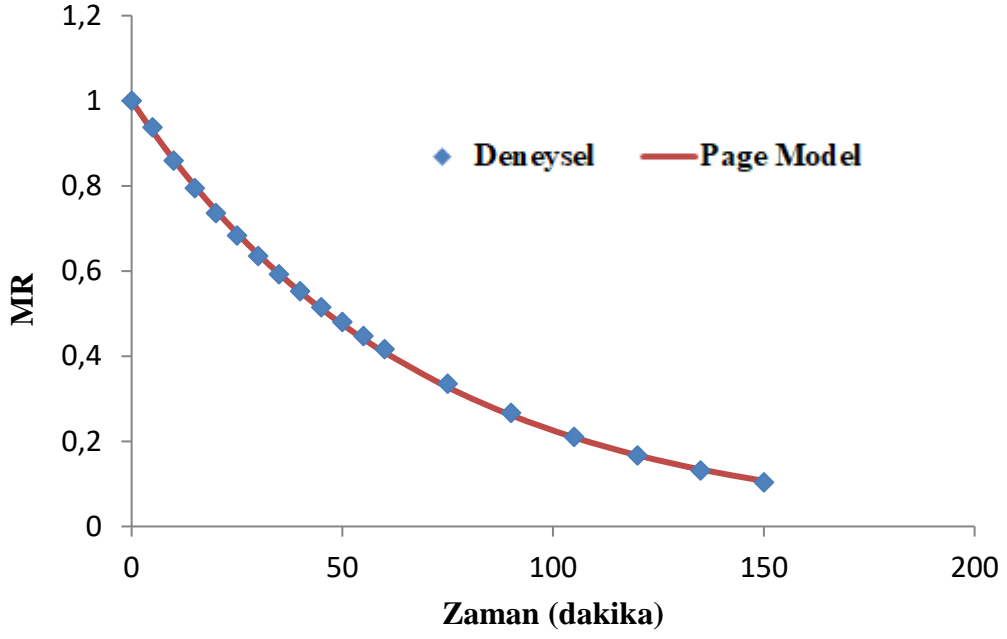
Şekil 5.25: 60°C sıcaklık ile aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



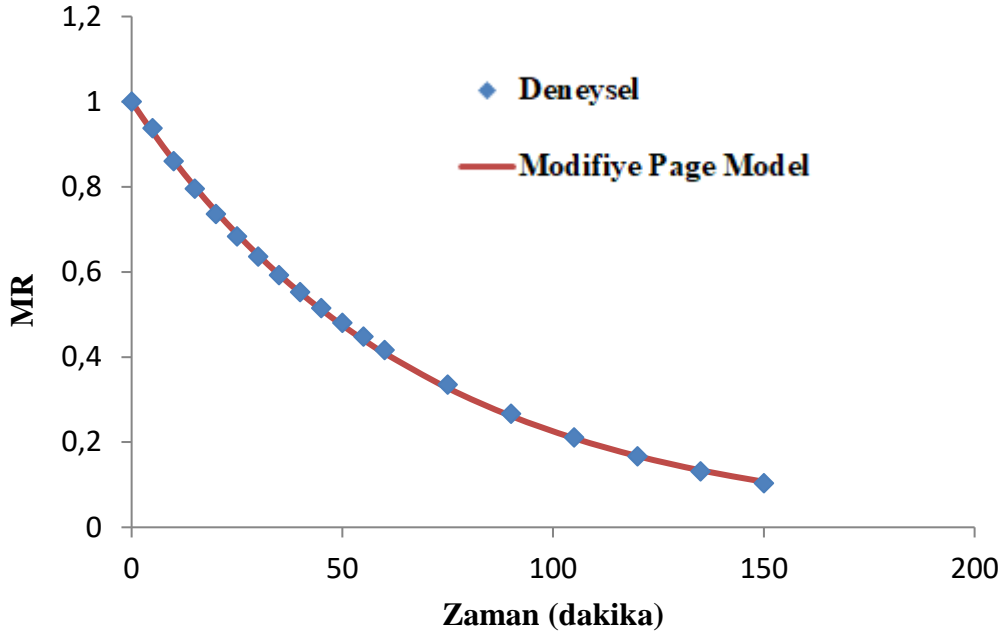
Şekil 5.26: 60°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.16: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

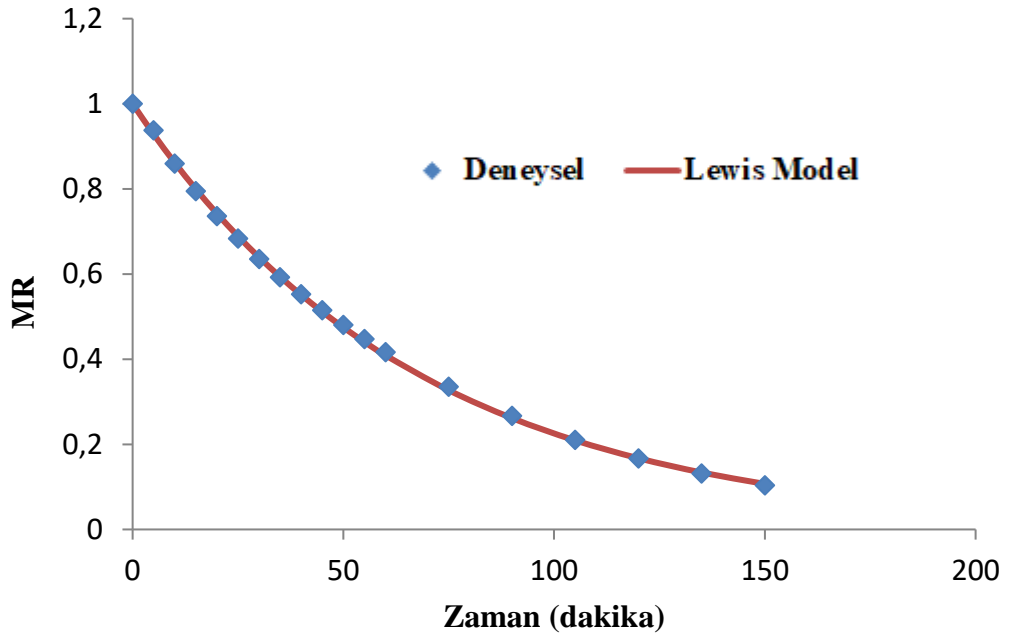
	60°C 90 W			
	Model Katsayıları	R²	RMSE	χ²
Lewis	k: 0,0149	0,9996	0,001119	0,000025
Henderson ve Pabis	k: 0,0150 a: 0,0057	0,9996	0,133112	0,376266
Page	k: 0,0140 n: 1,0144	0,9986	0,001331	0,000038
Modifiye Page	k: 0,0149 n: 1,0144	0,9986	0,001331	0,000038
Logaritmik	k: 0,03 a: 1,2192 c: 0,1092	0,9624	0,026750	0,016145



Şekil 5.27: 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



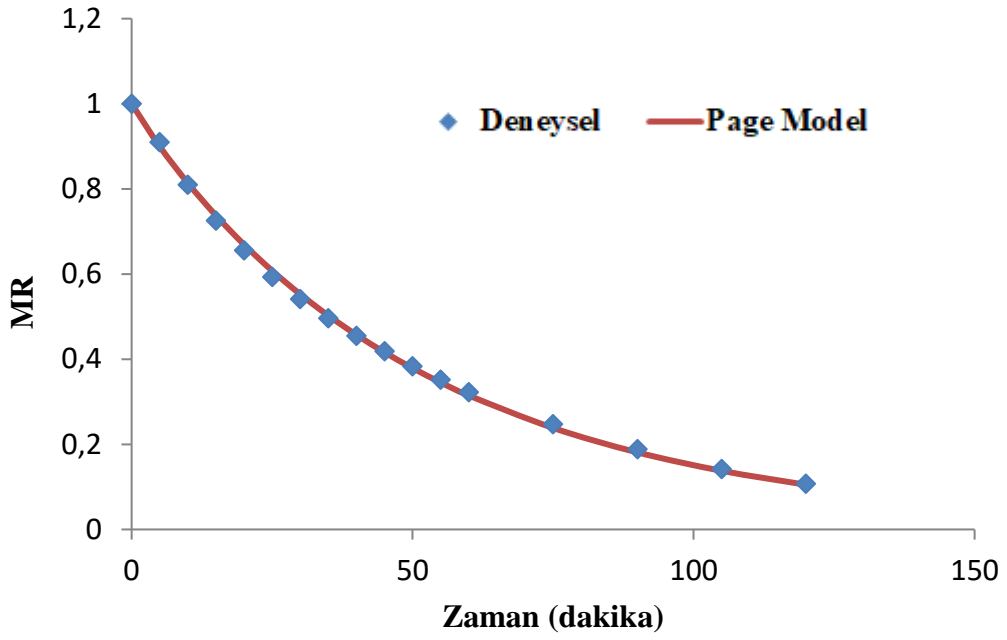
Şekil 5.28: 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



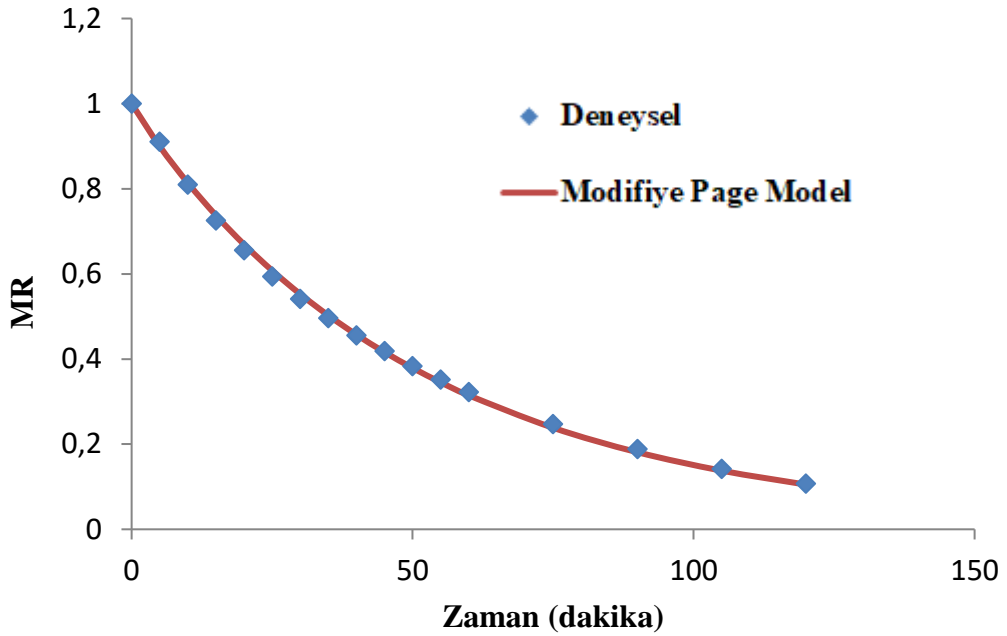
Şekil 5.29: 60°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.17: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	60°C 180 W			
	Model Katsayıları	R²	RMSE	χ²
Lewis	k: 0,0188	0,9977	0,004134	0,000309
Henderson ve Pabis	k: 0,0183 a: 0,0391	0,9991	0,128898	0,320109
Page	k: 0,0224 n: 0,9631	0,9976	0,001980	0,000076
Modifiye Page	k: 0,0194 n: 0,9631	0,9976	0,001980	0,000076
Logaritmik	k: 0,0241 a: 1,1132 c: 1,1132	0,9985	0,028915	0,017259



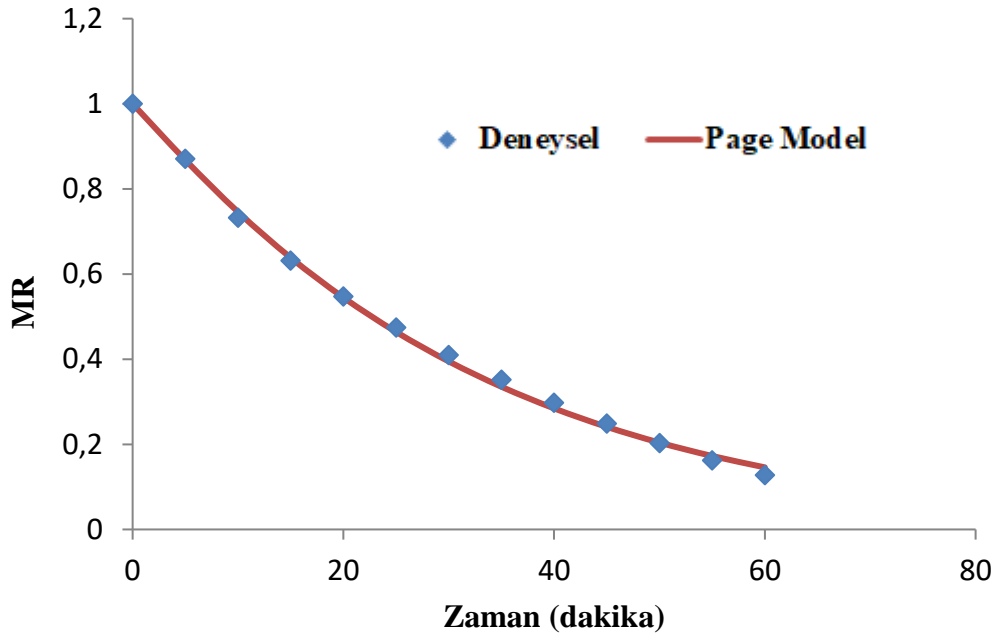
Şekil 5.30: 60°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



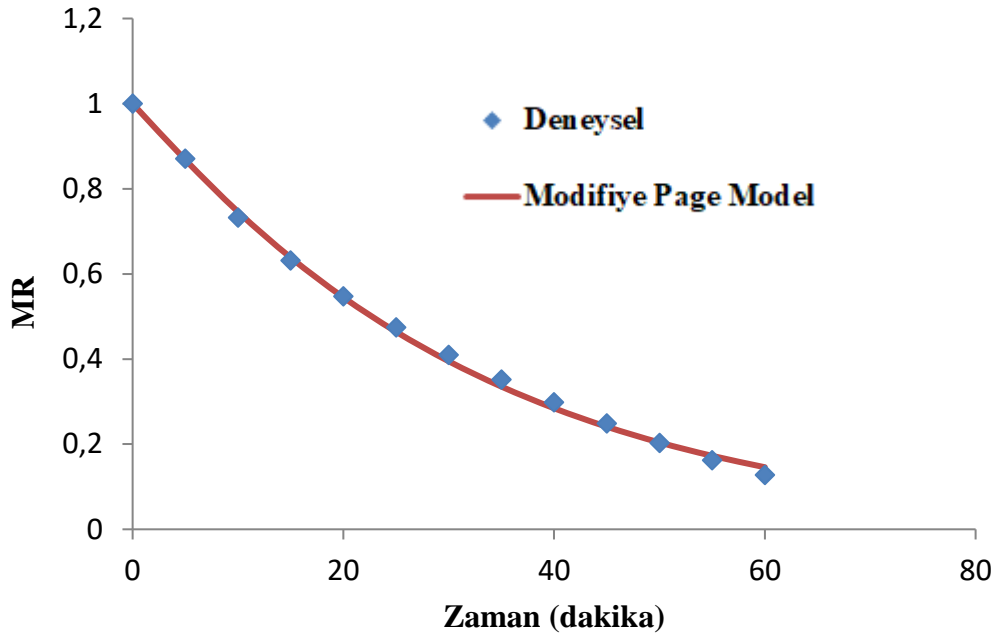
Şekil 5.31: 60°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.18: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 60°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	60°C 360 W			
	Model Katsayıları	R²	RMSE	χ²
Lewis	k: 0,0320	0,9910	0,004773	0,000321
Henderson ve Pabis	k: 0,0332 a: 0,0517	0,9929	0,141358	0,306997
Page	k: 0,0261 n: 1,0506	0,9976	0,002988	0,000137
Modifiye Page	k: 0,0311 n: 1,0506	0,9976	0,002988	0,000137
Logaritmik	k: 0,046 a: 1,0111 c: 0,1361	0,9754	0,015185	0,003897



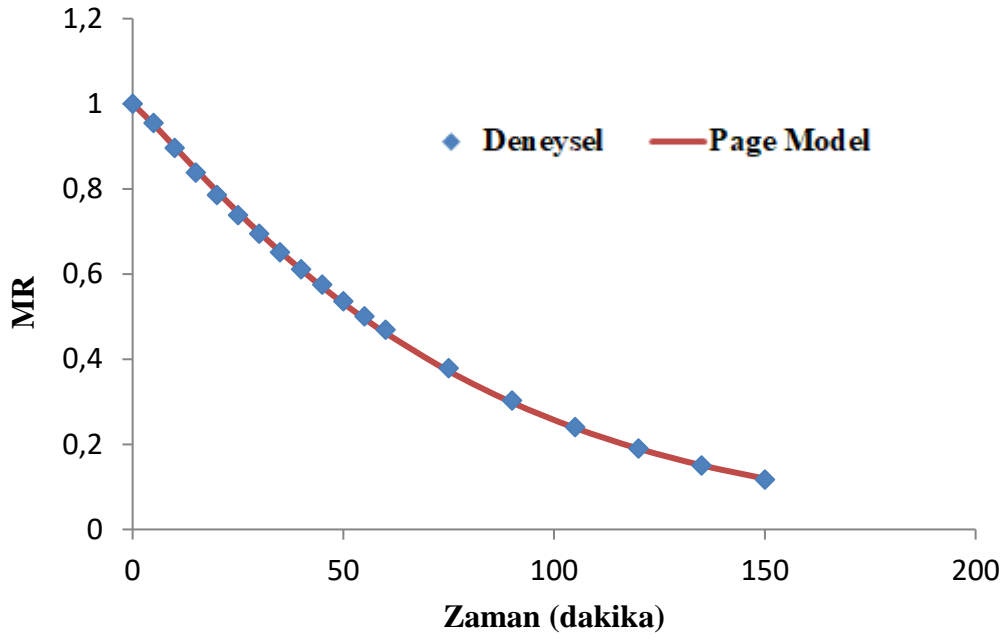
Şekil 5.32: 60°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



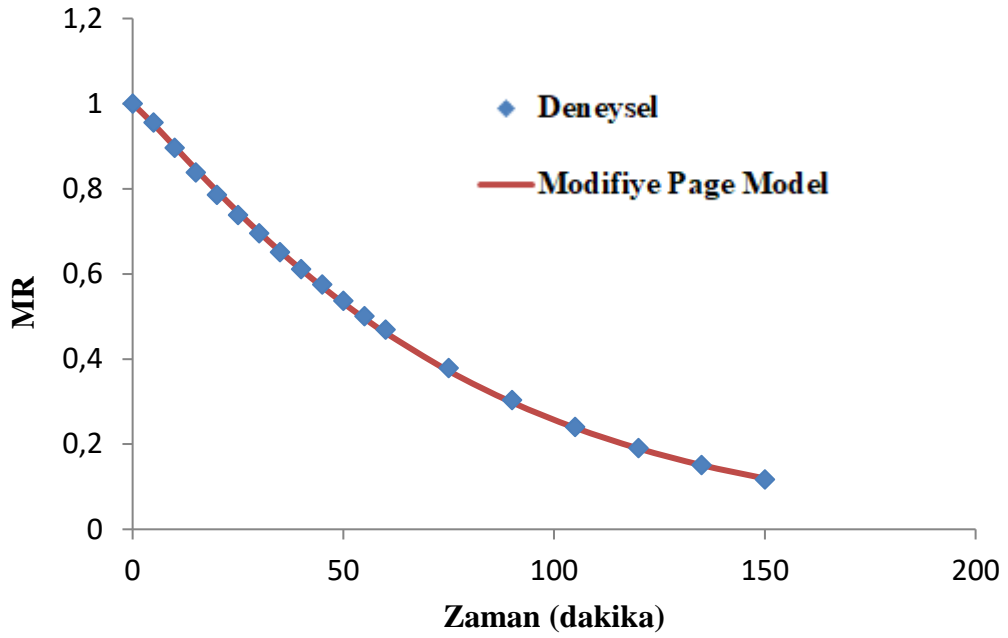
Şekil 5.33: 60°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.19: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcak hava için istatistiksel veriler

	70°C			
	Model Katsayıları	R^2	RMSE	χ^2
Lewis	k: 0,0136	0,9942	0,005157	0,000533
Henderson ve Pabis	k: 0,0143 a: 0,0581	0,9974	0,134468	0,383970
Page	k: 0,0084 n: 1,1039	0,9992	0,001091	0,000025
Modifiye Page	k: 0,0113 n: 1,1039	0,9992	0,010770	0,002463
Logaritmik	k: 0,0181 a: 1,0304 c: 0,1242	0,9854	0,013879	0,004346



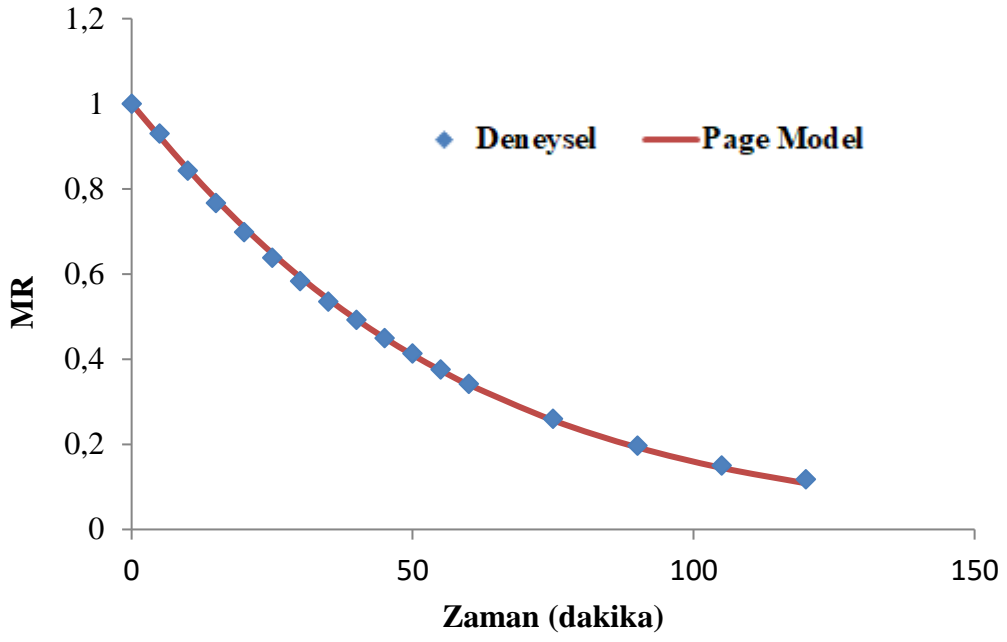
Şekil 5.34: 70°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



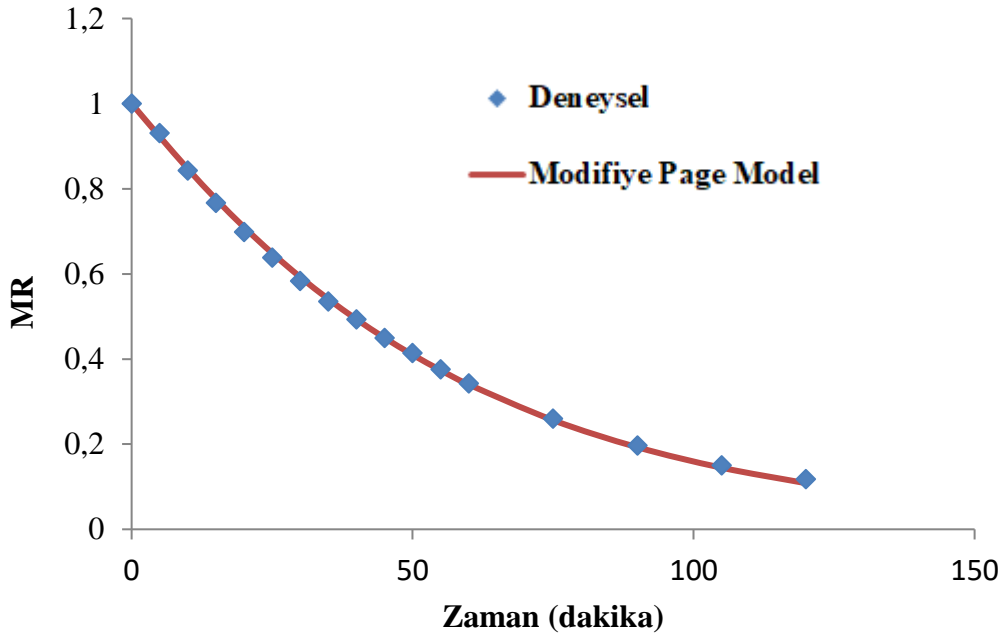
Şekil 5.35: 70°C sıcaklık ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.20: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	70°C 90 W			
	Model Katsayıları	R²	RMSE	χ²
Lewis	k: 0,0179	0,9998	0,001147	0,000024
Henderson ve Pabis	k: 0,0180 a: 0,0066	0,9998	0,139533	0,375112
Page	k: 0,0150 n: 1,0436	0,9982	0,001571	0,000048
Modifiye Page	k: 0,0179 n: 1,0436	0,9982	0,001571	0,000048
Logaritmik	k: 0,0237 a: 1,0748 c: 0,1253	0,9946	0,022034	0,010022



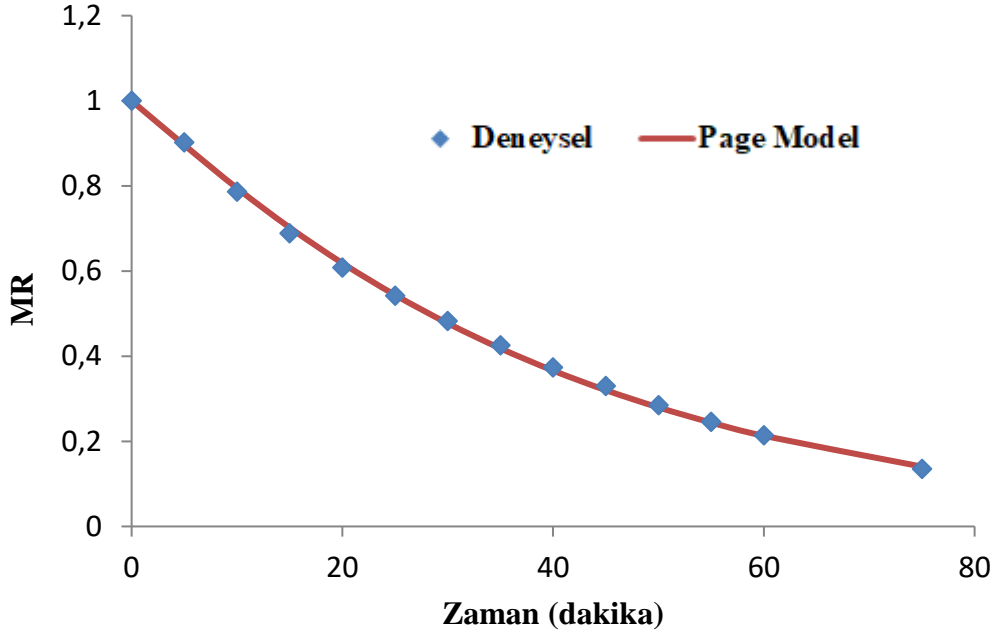
Şekil 5.36: 70°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



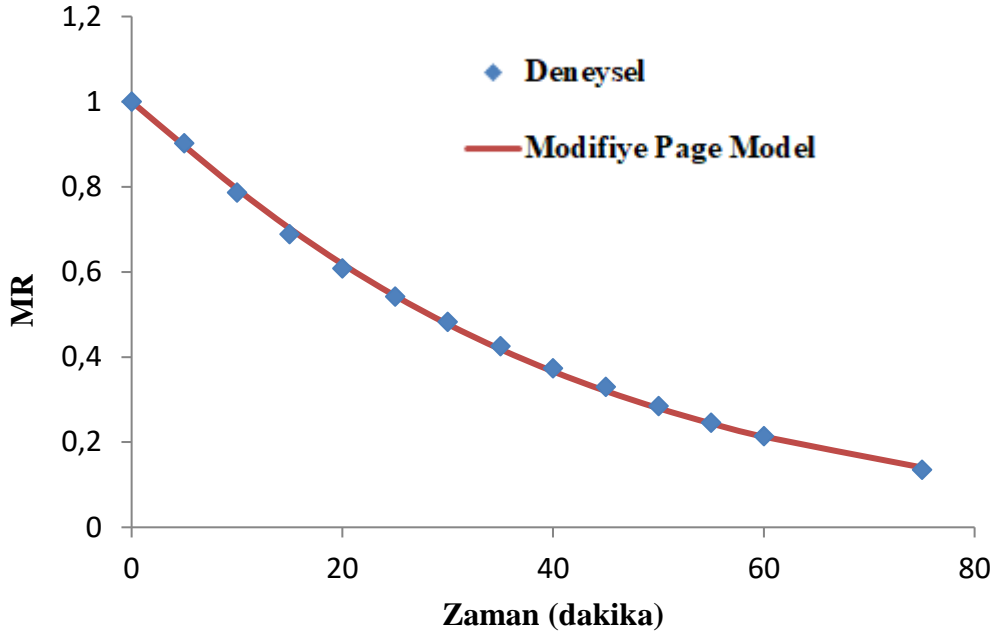
Şekil 5.37: 70°C sıcaklık ve 90W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.21: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	70°C 180 W			
	Model Katsayıları	R²	RMSE	χ²
Lewis	k: 0,0255	0,9965	0,003138	0,000148
Henderson ve Pabis	k: 0,0262 a: 0,0352	0,9976	0,145290	0,344782
Page	k: 0,0198 n: 1,0647	0,9985	0,001866	0,000057
Modifiye Page	k: 0,0251 n: 1,0647	0,9985	0,010897	0,001940
Logaritmik	k: 0,0382 a: 1,0136 c: 0,1449	0,98	0,014614	0,003805



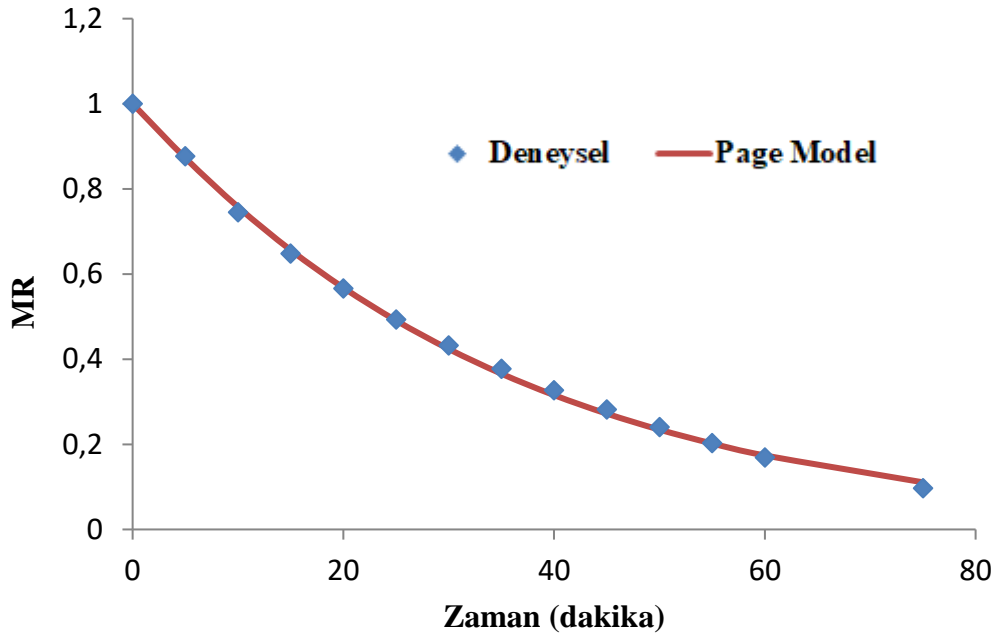
Şekil 5.38: 70°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



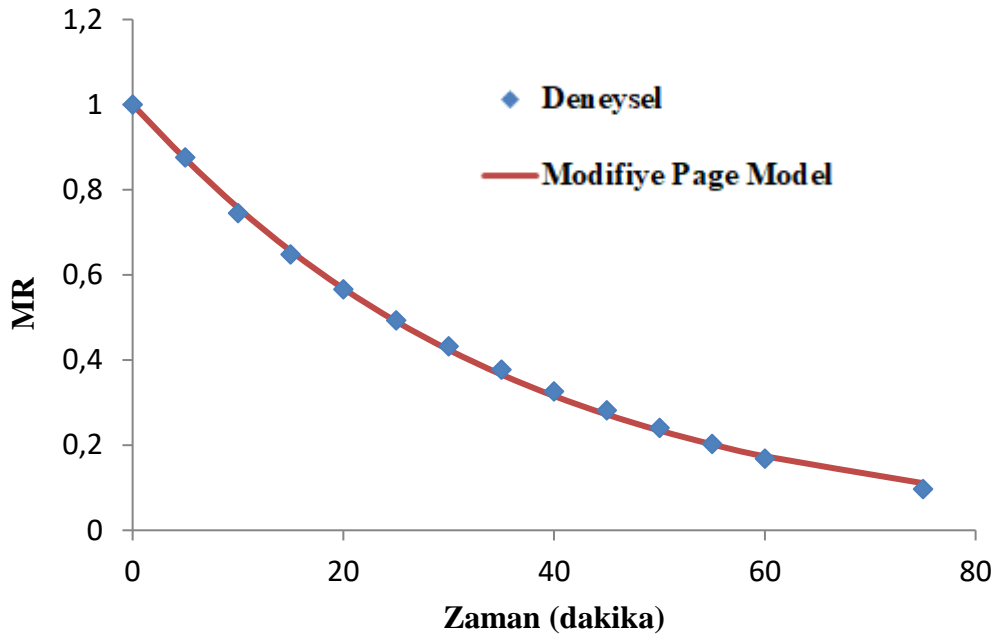
Şekil 5.39: 70°C sıcaklık ve 180W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

Tablo 5.22: Kurutma işlemi yapılan aronya meyvelerinin 70°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu için istatistiksel veriler

	70°C 360 W			
	Model Katsayıları	R²	RMSE	χ²
Lewis	k: 0,0293	0,9945	0,098710	0,146905
Henderson ve Pabis	k: 0,0301 a: 0,0383	0,9955	0,136800	0,305667
Page	k: 0,0260 n: 1,0276	0,9984	0,002176	0,000077
Modifiye Page	k: 0,0287 n: 0,0287	0,9984	0,002176	0,000077
Logaritmik	k: 0,0375 a: 1,0329 c: 0,1018	0,9908	0,014204	0,003595



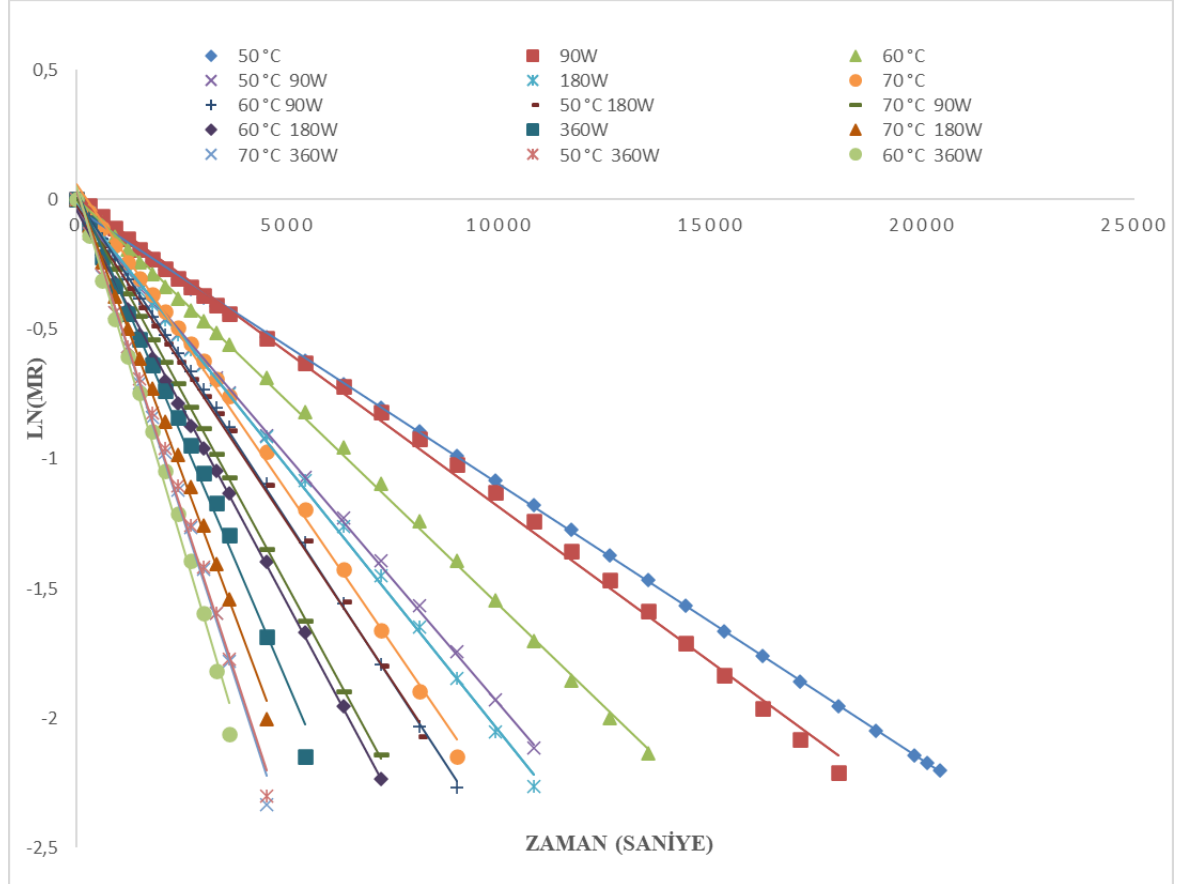
Şekil 5.40: 70°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması



Şekil 5.41: 70°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücü kombinasyonu ile kurutulan aronya meyvelerinin deneysel ve modelden hesaplanan MR değerlerinin kıyaslanması

5.1.6 Etkin Difüzyon Katsayısı

Yarım küre kabulüne göre yapılan aronya meyvesi için Denklem 4.9'da belirtilen eğim denkleminde etkin difüzyon katsayısı hesaplanmıştır (Şekil 5.24). Aronya meyvelerine ait etkin difüzyon katsayıları Tablo 5.23'te gösterilmektedir



Şekil 5.42: Kurutma koşulları farklı olan aronya meyvelerinin kuruma zamanına bağlı $\ln(MR)$ değerlerinin değişimi

Tablo 5.23: Kurutma koşulları farklı olan aronya meyvelerine ait etkin difüzyon katsayısı değerleri

Kurutma Sıcaklığı (°C)	Mikrodalga Gücü (W)	$D_{eff} \times 10^8$ m^2/s
-	90 W	20,29
	180 W	41,04
	360 W	88,91
50°C	-	18,24
	90 W	34,20
	180 W	61,55
	360 W	98,03
60°C	-	41,04
	90 W	61,55
	180 W	77,51
	360 W	116,27
70°C	-	45,59
	90 W	68,39
	180 W	84,35
	360 W	103,73

Sıcak hava ile kurutma işlemlerinde sıcaklık artışıyla beraber etkin difüzyon katsayısında da artış gözlemlenmiştir. 60°C’de kurutulan örnekler için etkin difüzyon katsayısı $41,04 \times 10^{-8} m^2/s$ bulunurken, kurutmaya mikrodalga gücünün eklenmesiyle 60°C-90W, 60°C-180W ve 60°C-360W için etkin difüzyon katsayı değerleri sırasıyla, $61,55 \times 10^{-8} m^2/s$, $77,51 \times 10^{-8} m^2/s$, $116,27 \times 10^{-8} m^2/s$, olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar doğrultusunda kombinasyonlarıyla beraber mikrodalga gücünün artması sonucu etkin difüzyon katsayısının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca mikrodalga ve sıcak hava değerlerinin en yüksek olduğu 60°C-360 W kombinasyonu ile yapılan kurutmada etkin difüzyon katsayısı $116,27 \times 10^{-8} m^2/s$ hesaplanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda etkin difüzyon katsayı değerlerinin $10^{-7} m^2/s - 10^{-12} m^2/s$ arasında değiştiği görülüp (Weissberg 1963), elde edilen sonuçların literatür değerlerine uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Horuz (2018) biber dilimlerini 3 farklı sıcaklık (50, 60 ve 70°C) ve bu sıcaklıkların 3 farklı mikrodalga gücünün (120, 150 ve 180W) kombinasyonlarıyla beraber kurutma işlemine tabi tutmuştur. Bu kurutmalardan elde edilen verilere göre etkin difüzyon katsayıları farklı kombinasyonlar ele alındığında $8,92 \times 10^{-10} m^2/s$ ile $8,92 \times 10^{-9} m^2/s$ arasında oldukları gözlemlenmektedir. Bunun dışında kurutmalardaki kombinasyonlarda sıcaklık ve mikrodalga değerlerinin yükselmesiyle beraber etkin difüzyon katsayılarının da arttığı gözlemlenmiştir.

Arslan ve Özcan (2004) kuruttıkları soğan örneklerine uyguladıkları kurutma araştırmasında sıcak hava (50 ve 70°C) ve mikrodalga (210 ve 700W) uygulamalarıyla beraber kurutmalarda etkin difüzyon katsayı değerlerini sırasıyla $7,468 \times 10^{-10}$ ile $4,54 \times 10^{-9} m^2/s$, $1,554 \times 10^{-9} m^2/s$ ve $4,009 \times 10^{-8} m^2/s$, $4,869 \times 10^{-8} m^2/s$ olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar ışığında sıcaklık ve mikrodalga düzeylerinin artması, etkin difüzyon katsayısının da artmasına neden olmuştur.

5.2 Kurutulmuş Aronya Meyvesinin Yüzey Yanıt Yöntemi ile Optimizasyonu

Kurutulmuş aronya meyvelerinin toplam fenolik madde miktarı değişimleri, toplam antioksidan aktivite değişimleri, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimleri ve kuruma süreleri referans alınarak Merkezi Kompozit Tasarım modeli uygulanmıştır. Deneysel ve tahmini yanıtlar Tablo 5.24 içerisinde yer almaktadır. Mikrodalga destekli sıcak hava ile aronya meyvesini kurutma işlemi sonucunda deneysel ve tahmini yanıtlar arasındaki farkın az olması, bu modelin uygunluğu hakkında fikir vermektedir.

Tablo 5.24: Aronya meyvesi kurutulması işleminin Merkezi Kompozit Tasarım modeline göre bağımsız değişkenler ve yanıtların deneysel ve tahmini değerleri

DENEY NO	Bağımsız Değişkenler				Deneysel ve Tahmini Yanıtlar							
	Gerçek Değerler		Kodlanmış Değerler		Antioksidan Kapasitesi Yüzde Değişim (mmol TE/g KM)		Toplam fenolik Madde Miktarı Yüzde Değişim (mg GAE/g KM)		Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Yüzde Değişim (mg/100 g KM)		Kuruma Süresi (Dakika)	
	X_1	X_2	X_1	X_2	Deneysel Değer	Tahmini Değer	Deneysel Değer	Tahmini Değer	Deneysel Değer	Tahmini Değer	Deneysel Değer	Tahmini Değer
	Sıcaklık	Mikrodalga Gücü	Sıcaklık	Mikrodalga Gücü								
1	60	0	0	-1	-76,92	-77,36	-47,67	-46,43	-32,11	-35,19	235,00	244,20
2	50	0	-1	-1	-76,18	-76,87	-48,55	-48,79	-31,01	-29,29	340,00	330,65
3	70	0	1	-1	-75,17	-74,04	-45,93	-44,07	-39,45	-41,08	155,00	155,15
4	60	180	0	0	-71,95	-67,30	-40,79	-40,64	-45,81	-44,86	125,00	121,65
5	60	180	0	0	-71,85	-67,30	-41,15	-40,64	-48,88	-44,86	130,00	121,65
6	60	180	0	0	-71,80	-67,30	-38,75	-40,64	-47,17	-44,86	123,00	121,65
7	50	180	-1	0	-71,53	-66,30	-44,44	-43,00	-40,43	-38,97	144,00	161,86
8	60	180	0	0	-71,45	-67,30	-39,55	-40,64	-45,38	-44,86	127,00	121,65
9	60	180	0	0	-70,86	-67,30	-39,19	-40,64	-43,25	-44,86	120,00	121,65
10	60	360	0	1	-68,52	-53,22	-33,93	-34,85	-50,51	-54,54	65,00	72,53
11	70	360	1	1	-68,38	-50,93	-35,76	-32,49	-64,19	-60,44	75,00	75,98
12	50	360	-1	1	-67,34	-51,72	-37,73	-37,21	-45,94	-48,65	75,00	66,49
13	70	180	1	0	-66,06	-64,49	-34,87	-38,28	-49,11	-50,76	80,00	78,86

Aronya meyvelerinin kurutulmasında toplam fenolik miktarı değişimleri ve toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimi yanıtlarının optimizasyonunda tercih edilen en iyi model lineer model olmuştur. Toplam antioksidan aktivite değişimleri ve kuruma süresi yanıtlarının optimizasyonunda ise tercih edilen en iyi model kuadratik model olmuştur. Toplam antioksidan aktivite değişimleri, toplam fenolik madde miktarı değişimleri, toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimleri ve kuruma süresi için yapılan varyans analizinde elde edilen F-değeri, p-değeri, uyum eksikliği gibi istatistiksel veriler ve kuruma faktörlerinin verime etkilerinin istatistiksel ifadeleri Tablo 5.25-28’de verilmiştir.

Tablo 5.25: Kurutulan aronya meyvesinin toplam antioksidan aktivitesi yüzde kaybının yanıtı için model analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	117,66	5	23,53	12,43	0,0023*
A-Sıcaklık	4,93	1	4,93	2,60	0,1506
B-Mikrodalga Gücü	96,24	1	96,24	50,82	0,0002*
AB	1,05	1	1,05	0,5548	0,4806
A^2	9,98	1	9,98	5,27	0,0553
B^2	11,31	1	11,31	5,97	0,0445*
Artık	13,26	7	1,89		
Uyum Eksikliği	12,46	3	4,15	20,94	0,0066*
Net Hata	0,7935	4	0,1984	12,43	
Genel Toplam	130,92	12			

$R^2=0,8987$. * $p<0,05$

Tablo 5.25 de bulunan veriler incelendiğinde kurutma koşul faktörleriyle toplam antioksidan aktivite değişimleri arasında iyi derecede kuadratik (ikinci dereceden) ilişki olduğu ($R^2=0,8987$) tespit edilmiştir. Yüksek F-değeri ile düşük p-değeri istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir.

Modelin F-değerinin 12,43 olması ve p-değerinin 0,05'ten küçük olması da modelin anlamlı olduğuna işaret etmektedir. B ve B^2 'nin $p < 0,05$ olması mikrodalgaın etkisinin istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Sadece mikrodalga gücünden faydalanılan kurutmalarda toplam antioksidan kapasitesi değişimi açısından verimin belirgin olarak etkilendiği görülmektedir.

Tablo 5.26: Kurutulan aronya meyvesinin toplam fenolik madde yüzde kaybının yanıtı için model analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	234,45	2	117,22	31,08	< 0,0001*
A-Sıcaklık	33,42	1	33,42	8,86	0,0139*
B-Mikrodalga Gücü	201,03	1	201,03	53,31	< 0,0001*
Artık	37,71	10	3,77		
Uyum Eksikliği	33,41	6	5,57	5,18	0,0667
Net Hata	4,30	4	1,08		
Genel Toplam	272,16	12			

$R^2=0,8614$, * $p < 0,05$

Tablo 5.26 da bulunan veriler incelendiğinde kurutma koşul faktörleriyle toplam fenolik madde değişimleri arasında iyi derecede lineer (birinci dereceden) ilişki olduğu ($R^2=0,8614$) tespit edilmiştir. Yüksek F-değeri ile düşük p-değeri istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir.

Modelin F-değerinin 117,22 olması ve p-değerinin 0,05'ten küçük olması da modelin anlamlı olduğuna işaret etmektedir. A ve B parametrelerinin $p < 0,05$ olması mikrodalga gücünün ve sıcaklığın etkisinin istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Mikrodalga gücünden ve sıcaklıktan faydalanılan kurutmalarda toplam fenolik madde değişimi açısından verimin belirgin olarak etkilendiği görülmektedir.

Tablo 5.27: Kurutulan aronya meyvesinin toplam monomerik antosiyanin içeriği yüzde kaybının yanıtı için model analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	770,53	2	385,26	46,52	< 0,0001*
A-Sıcaklık	208,51	1	208,51	25,18	0,0005*
B-Mikrodalga Gücü	562,02	1	562,02	67,87	< 0,0001*
Artık	82,81	10	8,28		
Uyum Eksikliği	65,21	6	10,87	2,47	0,2003
Net Hata	17,60	4	4,40		
Genel Toplam	853,34	12			

$R^2=0,9030$, * $p<0,05$

Tablo 5.27 de bulunan veriler incelendiğinde kurutma koşul faktörleriyle toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimleri arasında iyi derecede lineer (birinci dereceden) ilişki olduğu ($R^2=0,9030$) tespit edilmiştir. Yüksek F-değeri ile düşük p-değeri istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir.

Modelin F-değerinin 46,52 olması ve p-değerinin 0,05'ten küçük olması da modelin anlamlı olduğuna işaret etmektedir. A ve B parametrelerinin $p<0,05$ olması mikrodalga gücünün ve sıcaklığın etkisinin istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Mikrodalga gücünden ve sıcaklıktan faydalanılan kurutmalarda toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimi açısından verimin belirgin olarak etkilendiği görülmektedir.

Tablo 5.28: Kurutulan aronya meyvesinin kuruma süresi değişiminin yanıtı için model analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	67335,61	5	13467,12	128,02	< 0,0001*
A-Sıcaklık	10333,50	1	10333,50	98,23	< 0,0001*
B-Mikrodalga Gücü	44204,17	1	44204,17	420,20	< 0,0001*
AB	8556,25	1	8556,25	81,33	< 0,0001*
A^2	4,62	1	4,62	0,0439	0,8400
B^2	3721,38	1	3721,38	35,37	0,0006*
Artık	736,39	7	105,20		
Uyum Eksikliği	678,39	3	226,13	15,60	0,0113*
Net Hata	58,00	4	14,50	128,02	
Genel Toplam	68072,00	12			

$R^2=0,9892$, * $p<0,05$

Tablo 5.28 de bulunan veriler incelendiğinde kurutma koşul faktörleriyle kuruma süreleri arasında iyi derecede kuadratik (ikinci dereceden) ilişki olduğu ($R^2=0,9892$) tespit edilmiştir. Yüksek F-değeri ile düşük p-değeri istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir.

Modelin F-değerinin 128,02 olması ve p-değerinin 0,05'ten küçük olması da modelin anlamlı olduğuna işaret etmektedir. A, B, AB, B^2 parametrelerinin $p < 0,05$ olması mikrodalga gücünün ve sıcaklığın etkisinin istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Mikrodalga gücünden ve sıcaklıktan faydalanılan kurutmalarda kuruma süresi açısından verimin belirgin olarak etkilendiği görülmektedir.

Aronya meyvesinin kurutulmasında toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimlerinin her ikisinin referans alındıkları durumlarda varyans analizi için seçilen kuadratik modele göre, toplam antioksidan aktivite ve kuruma sürelerinin her ikisinin de referans alındıkları durumlarda varyans analizi için ise seçilen lineer modele göre, kurutma verimini etkileyen bağımsız faktörlerin katsayılarıyla model denklemleri yazılabilir. Bu denklemlerden tahmini değerlerinin hesaplaması sağlanabilmektedir. Bu denklemler Tablo 5.29'de verilmiştir.

Tablo 5.29: Kuadratik ve lineer model denklem katsayıları

Bağımsız Değişkenler	Katsayılar	Toplam Antioksidan Aktivite Değişimleri	Toplam Fenolik Madde Değişimleri	Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Değişimleri	Kuruma Süresi
	X_0	-17,42293	-60,58756	0,183718	724,14368
Sıcaklık	X_1	-2,13974	0,236	-0,5895	-7,22328
Mikrodalga Gücü	X_2	0,061818	0,032157	-0,053769	-2,42637
Sıcaklık*Mikrodalga Gücü	$X_{1,2}$	-0,000285			0,025694
$Sıcaklık^2$	$X_{1,1}$	0,019014			-0,012931
$Mikrodalga\ Gücü^2$	$X_{2,2}$	-0,000062			0,001133

Buna göre, tahmini toplam antioksidan aktivite değişimi değeri Eşitlik 5.1'e, toplam fenolik madde değişimi Eşitlik 5.2'ye, toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimi Eşitlik 5.3'e ve kuruma süresi ise Eşitlik 5.4'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Antioksidan Aktivite Değişimi} \left(\frac{\text{mmol TE}}{\text{g KM}} \right) = -17,42293 - 2,13974X_1 + 0,061818X_2 - 0,000285X_1X_2 + 0,019014X_1^2 - 0,000062X_2^2 \quad (5.1)$$

$$\text{Toplam Fenolik Madde Değişimi} \left(\frac{\text{mg GAE}}{\text{g KM}} \right) = -60,58756 + 0,2364X_1 + 0,032157X_2 \quad (5.2)$$

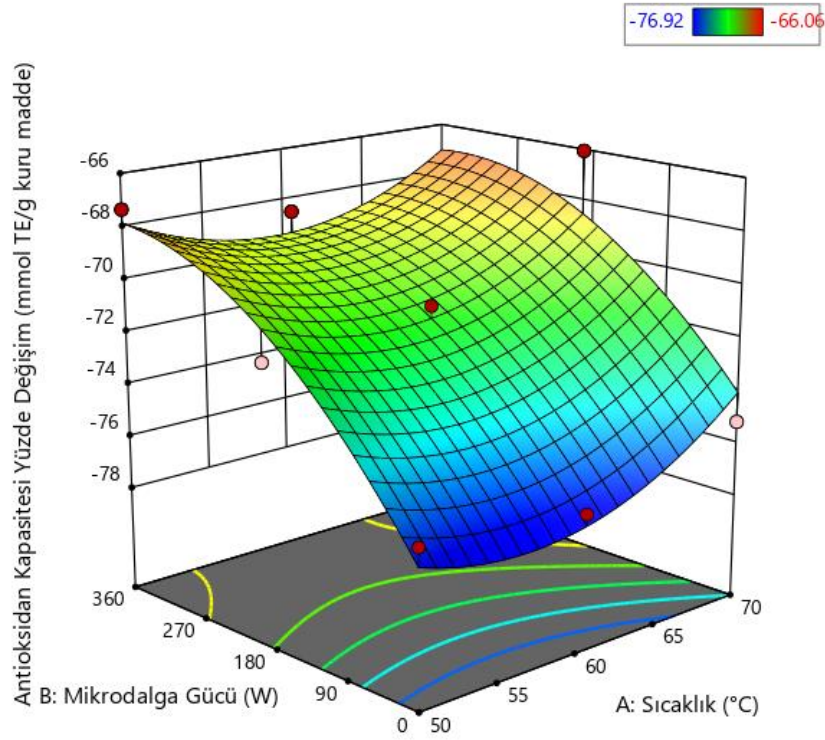
$$\text{Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Değişimi} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g KM}} \right) = 0,183718 - 0,5895 - 0,053769X_2 \quad (5.3)$$

$$\text{Kuruma Süresi}(\text{dakika}) = 724,14368 - 7,22328X_1 - 2,42637X_2 + 0,025694X_1X_2 - 0,012931X_1^2 + 0,001133X_2^2 \quad (5.4)$$

Elde edilen veriler Design Expert programı kullanılarak 3-D grafik olarak çizilmiştir. Çizilen 3-D grafikler Şekil 5.43-46 arasında gösterilmiştir.

Toplam antioksidan kapasitesi değişimini ve kuruma süresini referans alındığında sıcaklık ve mikrodalga gücü kurutma verimini kuadratik olarak etkilemiştir.

Toplam fenolik madde değişimi ve toplam monomerik antosiyanin içeriği referans alındığında ise sıcaklık ve mikrodalga gücü kurutma verimini lineer olarak etkilemiştir.



Şekil 5.43: Kurutulan aronya meyvesi için toplam antioksidan kapasitesi yüzde kaybının yüzey grafiği

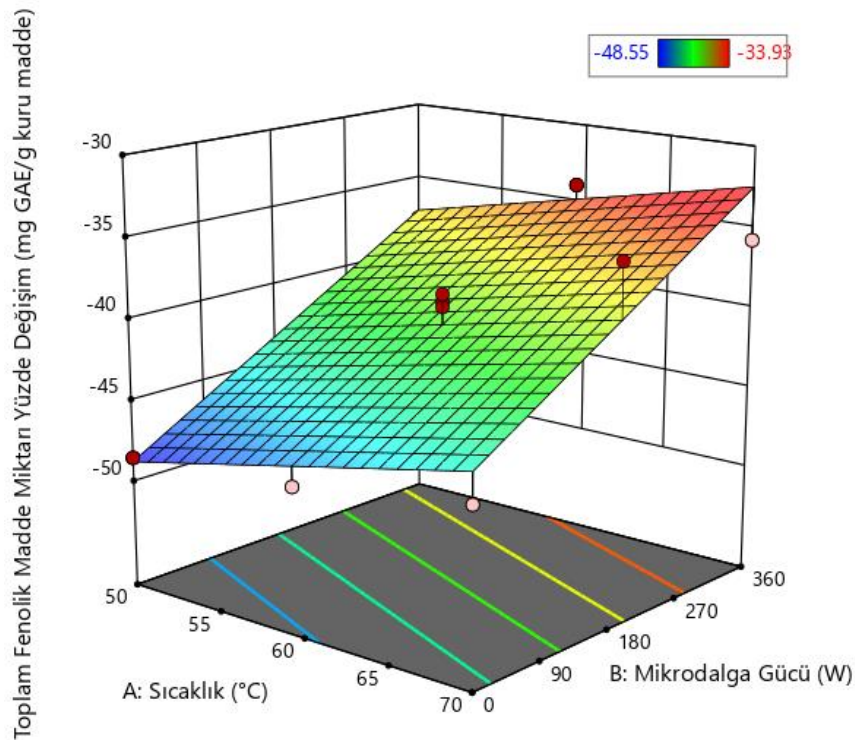
Mikrodalga gücü ile sıcaklık faktörlerinin toplam antioksidan kapasitesi değişimi üzerine etkileri Şekil 5.43'teki yüzey grafiğinde gösterilmiştir. Grafiğe göre; mikrodalga gücü ve sıcaklık faktörünün toplam antioksidan kapasitesi değişimi üzerine birlikte ve sadece sıcaklık faktörünün etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ancak mikrodalga gücünün etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. Antioksidan kayıplarının aronya meyvelerine uygulanan ısı işlem sırasında meyvede doğal olarak bulunan antioksidanların bozunmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sıcaklığın ve mikrodalga gücünün artması sonucunda kuruma süreleri azalmaktadır ve buna bağlı olarak örneklerin antioksidan aktivitesindeki düşüşte azalma gözlemlenmektedir. Bunun nedeni, yüksek ısı işlemler ile yapıda bulunan antioksidan bileşenlerin daha kolay salınması ve daha az ısıya maruz kalması olarak düşünülmektedir.

Bunlar dışında indirgen şekerler ile aminoasitlerin tepkimeye girmesi sonucunda maillard reaksiyonu oluşmaktadır. Bu reaksiyon sonucu oluşan melanoidinler yüksek antioksidan kapasitesine sahiptirler. Maillard reaksiyon sonucu oluşan bileşenlerin, ortamın şartlarından ve fizikokimyasal özelliklerinden etkilendiği bildirilmiştir (Manzocco 2000).

Ayrıca artan sıcaklık ile maillard reaksiyon hızının da arttığı bildirilmektedir (Stamp 1983).

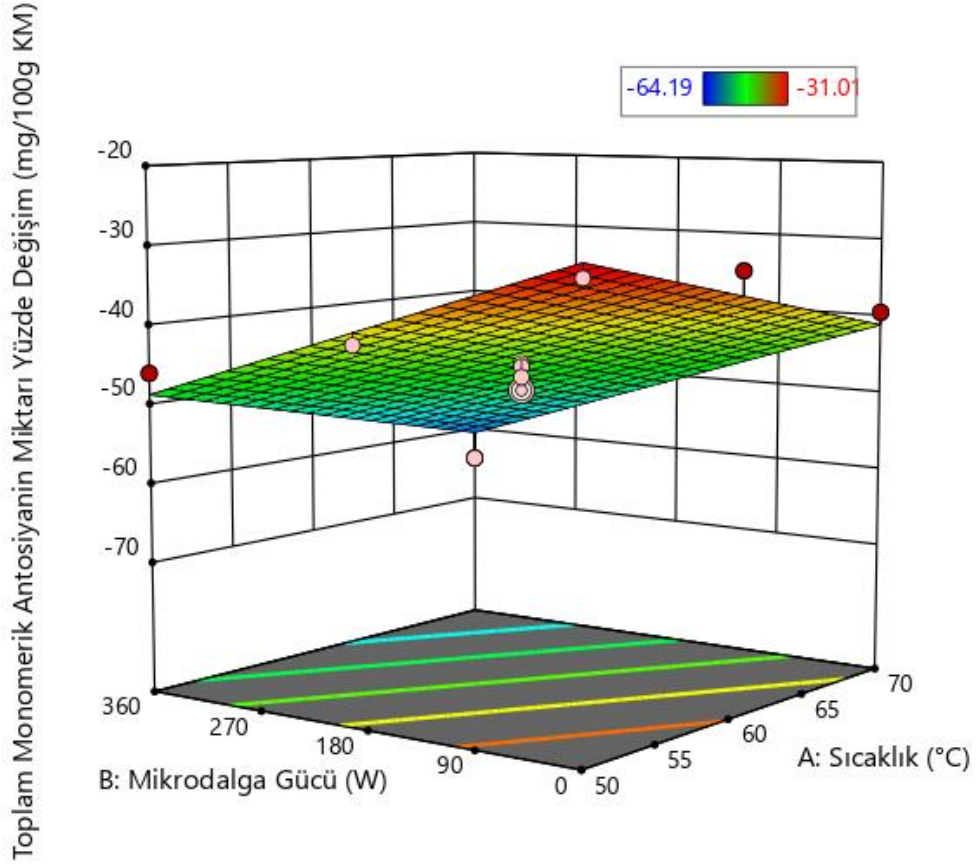
Bu artışın her 10°C sıcaklıkta maillard reaksiyon hızını 4 kat artırdığı belirtilmektedir (Eskin 1990).

Bunlara bağlı olarak sıcaklık arttıkça antioksidan kapasitesindeki kaybın azalmasının maillard reaksiyonuyla da ilişkisi olma ihtimali vardır.



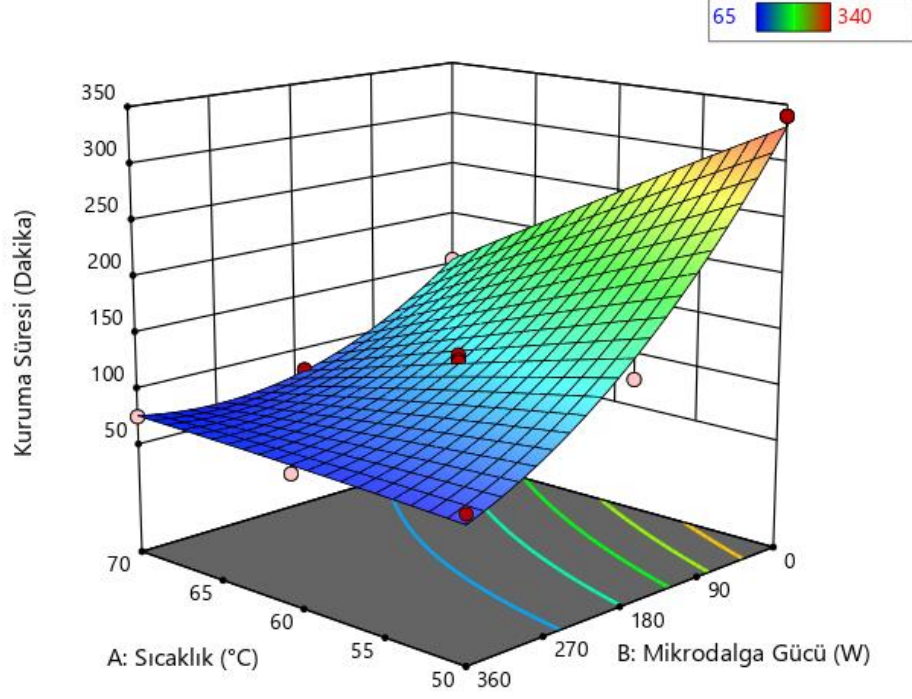
Şekil 5.44: Kurutulmuş aronya meyvesi için toplam fenolik madde yüzde kaybının yüzey grafiği

Mikrodalga gücü ile sıcaklık faktörlerinin toplam fenolik madde değişimi üzerine etkileri Şekil 5.44'teki yüzey grafiğinde gösterilmiştir. Grafiğe göre; mikrodalga gücü ve sıcaklık faktörünün toplam fenolik madde değişimi üzerine etkileri ayrı ayrı istatistiksel olarak anlamlıdır. Ancak birlikte etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kurutma sonrasındaki toplam fenolik madde miktarındaki azalmanın ısı işleminden kaynaklı olmaktadır. Elde edilen veriler sonucu sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonlarındaki artışla birlikte kuruma süreleri azalmaktadır. Kuruma süresi ile doğru orantılı olarak fenolik madde kaybının azaldığı gözlenmektedir. Bunun sebebi yüksek ısı işlemler ile yapıda ve kabukta bulunan fenolik bileşiklerin daha kolay salınması ve yüksek sıcaklıklarda daha az ısıya maruz kalması olarak düşünülmektedir.



Şekil 5.45: Kurutulmuş aronya meyvesi için toplam monomerik antosiyanin içeriği yüzde kaybının yüzey grafiği

Mikrodalga gücü ile sıcaklık faktörlerinin toplam monomerik antosiyanin değişimi üzerine etkileri Şekil 5.45'teki yüzey grafiğinde gösterilmiştir. Grafiğe göre; mikrodalga gücü ve sıcaklık faktörünün toplam monomerik antosiyanin değişimi üzerine etkileri ayrı ayrı istatistiksel olarak anlamlıdır. Ancak birlikte etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Meyvelerin maruz kaldığı ısı arttıkça antosiyanin miktarlarında kayıplar artmaktadır. Isının antosiyanin üzerine etkisi süreden daha fazla olmuştur. Bunun nedeni, meyve içerisinde bulunan antosiyaninlerin ısıya karşı aşırı duyarlı olmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.46: Kurutulan aronya meyvesi için kuruma süresinin yüzey grafiği

Mikrodalga gücü ile sıcaklık faktörlerinin kuruma süresi üzerine etkileri Şekil 5.46'deki yüzey grafiğinde gösterilmiştir. Grafiğe göre; mikrodalga gücü ve sıcaklık faktörünün kuruma süresi üzerine birlikte ve ayrı ayrı etkileri istatistiksel olarak anlamlıdır. Sonuç olarak kuruma süresi ısı işlem ile doğru orantılıdır.

Tablo 5.30: Kurutulan aronya meyveleri için yüzey yanıt metodu ile belirlenen optimum koşul ve bu optimum koşuldaki deneysel ve tahmini toplam antioksidan aktivite değişimi, toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimi ve kuruma süresi değerleri

OPTİMUM KOŞULLAR		Antioksidan Kapasitesi Yüzde Değişim (mmol TE/g KM)		Toplam fenolik Madde Miktarı Yüzde Değişim (mg GAE/g KM)		Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Yüzde Değişim (mg/100 g KM)		Kuruma Süresi (Dakika)	
SICAKLIK	MİKRODALGA GÜCÜ	Deneysel Değer	Tahmini Değer	Deneysel Değer	Tahmini Değer	Deneysel Değer	Tahmini Değer	Deneysel Değer	Tahmini Değer
50°C	357W	-67,85	-51,99	-37,30	-37,31	-48,65	-48,49	66,49	67,47

Aronya meyvesinin mikrodalga gücü destekli sıcaklıkla kurutma işleminde toplam fenolik madde değişimi, toplam antioksidan aktivite değişimi, toplam monomerik antosiyanin içeriği değişimi ve kuruma süresi için Merkezi Kompozit tasarım modeli ile hesaplanan optimum koşul değerleri için bulunan 9 çözüm bulunmuştur. Bu çözümlerden en yüksek arzu edilirlik değere sahip olan koşul değerlerden veriler alınmıştır. Bu optimum değerlerden sıcaklık 50°C ve mikrodalga gücü 357W olarak belirlenmiştir.

Optimum koşulda deneysel olarak toplam antioksidan kapasitesi değişimi, toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimi ve kuruma süresi sırası ile -67,85, -37,30, -48,65, 66,49'dur. Optimum koşul da tahmini olarak toplam antioksidan kapasitesi değişimi, toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimi ve kuruma süresi sırasıyla -51,99, -37,31, -48,49, 67,47'dir.

Optimum koşul ve bu koşuldaki deneysel ve tahmini toplam antioksidan kapasitesi değişimi, toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimi ve kuruma süresi verileri Tablo 5.30'da gösterilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada aronya meyvelerinin sıcak hava (50, 60, 70°C), mikrodalga gücü (90, 180, 360W) ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonları kullanılarak aronya meyvelerinin kurutulması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre mikrodalganın sıcak havayla birlikte kullanımı sonucu meyvelerin kuruması için geçen zamanda azalış ve ürün kalitesine üzerinde etkisi gözlemlenmiştir. Aronya meyvelerinin kuruma süresi kıyaslandığında 50°C sıcak havayla gerçekleşen kuruma işleminde meyvelerin nem içeriğinin 0,32 g su/g kuru madde nem içeriğine gelme süresi 340 dakikadır. Bu süre en uzun kuruma süresidir. En az süren kurutma süresi 60°C-360 W kombinasyonu olup, örneklerin 2,873 g su/g kuru madde nem içeriğinden 0,365 g su/g kuru maddeye gelme süresi 65 dakika olarak gözlemlenmiştir. Bu durum dışında kurutma sıcaklıklarının artırılması da kuruma sürelerinde azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. En az kurutma sürelerinden birisi olan 70°C-360 W kombinasyonu ise, örneklerin 3,273 g su/g kuru madde nem içeriğinden 0,317 g su/g kuru maddeye gelme süresi 75 dakika olarak gözlemlenmiştir. Bunun dışında 60°C-360W ve 70°C-360W kombinasyonlarının en yüksek kuruma hızına sahip olmasına, kurutma koşulları içerisinde en yüksek sıcaklık ve mikrodalga gücü değerlerinin kullanılması ve bu yüzden örneklerdeki suyun buharlaşmasının en hızlı gerçekleşmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Aronya meyvesinin 90, 180, 360W mikrodalga güçleriyle kurutulmasında ilk önce artan hız periyodu meydana gelmiş ve ardından da azalan hızda kuruma periyodunun gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak örneklerin mikrodalga ile kurutulması sırasında kurumanın örneklerin iç kısmından başlayarak dış yüzeye doğru olması nedeniyle gerçekleştiği ve kuruma hızının önce artış daha sonra da azalma gösterdiği düşünülmektedir. Örneklerin 50°C, 60°C ve 70°C'de gerçekleştirilen kurutmaları ve sıcak hava ile mikrodalga kombinasyonlarıyla yapılan kurutmalarının da önce ısınan daha sonra azalan kurutma periyotlarında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Taze ve kuru aronya meyvelerine ait a^* değeri kurutmaya birlikte artış göstermiştir. Bu kurutmalarda 360W ve 360W mikrodalga gücünün sıcak hava ile kombinasyonlarındaki kurutmalarda aronya meyvelerinde tamamen renk kararması meydana gelmiştir. Renk değişim sebebinin kabukta ve meyvede bolca bulunan flavonoidlerin kurutma sırasında zarara uğramasından olduğu düşünülmektedir. Diğer kurutma koşullarında ise kuru ürünlerde benzer birbirine yakın a^* değerleri değişimleri gözlemlenmiştir. Meyve kurutma işlemiyle birlikte L^* değerlerinde ise azalma gözlemlenmiştir. Aronya meyvelerinin b^* değerlerinde kurutma işlemi sonrası azalma görülmektedir. Fakat aronya meyvesi açısından sarılık (b^*) değerinin renk kriterleri açısından bir önemi yoktur. Kuru aronya meyvelerinde bu sarılık değerinin 360W ve bu mikrodalga gücünün sıcak hava ile kombinasyonlarındaki kurutmalarda önemli derecede azaldığı gözlemlenmiştir. Meydana gelen kararmaların buna sebep olduğu düşünülmektedir. Diğer kurutma koşullarında kurutulan meyvelerde sarılık değeri taze örneklerle göre çok fazla azalmamıştır.

Kurutmayla beraber ortaya çıkan veriler ışığında aronya meyvesinin kurutma kinetiği 5 farklı matematiksel model ile karşılaştırılmıştır. Bu modeller arasında aronya meyvesinin kurutma kinetiğini en iyi ortaya koyan modelin Page model olduğu gözlemlenmiştir.

Aronya meyvesinde bulunan antioksidan aktiviteleri 1,817-2,015 mmol TE/g kuru madde arasında değişmektedir. Kurutulan aronya örneklerine ait antioksidan aktiviteleri ise 0,442-0,609 mmol TE/g kuru madde arasında tespit edilmiştir. Aronya meyvesinde antioksidan aktivitede kurutma işlemleri sonucu azalmalar gözlemlenmiştir. Bu sonucun aronya meyvelerine uygulanan ısı işlem sırasında meyvede doğal olarak bulunan antioksidanların bozunmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sıcaklığın ve mikrodalga gücün artması sonucunda kuruma süreleri azalmaktadır ve buna bağlı olarak örneklerin antioksidan aktivitesindeki düşüşte azalma gözlemlenmektedir. Kuruma süresi 340 dakika ile en uzun olan 50°C sıcak hava ile kurutmada, antioksidan aktivitedeki azalma %77,15 ile en fazla olarak tespit edilmiştir. 50°C sıcak havayla beraber kullanılan mikrodalga uygulamalarında ise antioksidan aktivitedeki azalma, mikrodalga gücün (90, 180 ve 360W) arttırılmasıyla beraber sırasıyla %74,09, %71,85 ve %68,46'a kadar düşmektedir. Kurutma sıcaklığı ve mikrodalga gücü açısından 70°C-360W kombinasyonundan

sonra en yüksek olduğu 70°C-180W kombinasyonu ise antioksidan aktivitedeki azalmanın %66,79 ile en düşük olduğu koşul olarak belirlenmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı değişimlerini incelediğimizde kurutma işlemleri sonucu aronya meyvelerindeki toplam fenolik madde miktarında kuru madde cinsinden azalma gözlenmektedir. Taze aronya meyvelerindeki toplam fenolik madde miktarı 3278,802-2674,631 mg GAE/g kuru madde arasındadır. Kuru örneklerde ise 1435,847-2101,279 mg GAE/g kuru madde aralığında bulunmuştur. Kurutma sonrasındaki toplam fenolik madde miktarındaki azalmanın kurutma işleminden dolayı olduğu düşünülmektedir. Elde edilen veriler sonucu sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonlarındaki artışla birlikte kuruma süreleri azalmaktadır. Kuruma süresi ile doğru orantılı olarak antioksidan kaybının azaldığı gözlenmektedir. 90W sıcak hava ile yapılan kurutmada toplam fenolik madde miktarındaki kayıp %53,60 ile en yüksek gözlemlenirken, 70°C-180W, 60°C-360W ve 70°C-360W ile yapılan kurutmalardaki toplam fenolik madde miktarındaki kayıp %31,33, %34,03 ve %35,91 ile en düşük değerler olarak gözlenmiştir. Sıcak hava ve mikrodalga kurutma durumları kendi içerisinde incelendiğinde kurutma koşullarının yükselmesi sonucu toplam fenolik madde miktarındaki azalma düşmektedir. Son olarak kurutma süresinin 80 dakika ile en kısa süren 70°C-180W kombinasyonunda toplam fenolik madde miktarı 2540,130 mg GAE/g kuru maddeden 1744,083 mg GAE/g kuru madde seviyesine düşmüştür. %31,33 ile bu kurutma koşulunda en düşük azalma meydana geldiği gözlenmiştir.

Toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimlerini incelediğimizde kurutma işlemleri sonucu aronya meyvelerindeki toplam monomerik antosiyanin miktarında kuru madde cinsinden sıcaklık, mikrodalga ve hibrit şartlarının artışına bağlı olarak yüzde antosiyanin kaybında artış gözlenmektedir. Ayrıca her koşulun kendi içerisinde de artışıyla birlikte toplam monomerik antosiyanin miktarında kayıp artmaktadır. Buna bağlı olarak sıcaklığın etkisi, antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik maddelere etkisinden daha fazla olmuştur. Sıcaklığın antosiyanin üzerinde süreden daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir. Taze aronya meyvelerindeki toplam monomerik antosiyanin miktarı kuru madde bazında 1924,640-2588,633 mg/100g kuru madde arasındadır. Kuru örneklerde ise 1031,038-1617,107 mg/100g kuru madde aralığında bulunmuştur. Kurutma sonrasındaki toplam monomerik antosiyanin miktarındaki azalmanın kurutma işleminden dolayı olmaktadır. Elde edilen veriler

doğrultusunda antosiyanin kaybıyla sıcaklık doğru orantılıdır. 50°C sıcak hava ile yapılan kurutmada toplam monomerik antosiyanin miktarındaki kayıp %31,00 ile en düşük gözlemlenirken, 70°C-360W, 60°C-360W ve 70°C-180W ile yapılan kurutmalardaki toplam monomerik antosiyanin miktarlarındaki kayıp %57,75, %50,25 ve %47,19 ile en yüksek değerler gözlenmiştir. Sıcak hava ve mikrodalga kurutma durumları kendi içerisinde incelendiğinde kurutma koşullarının yükselmesi sonucu toplam monomerik antosiyanin miktarındaki kayıp artmaktadır. Taze örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin miktarı ile kurutma işlemi sonrası elde edilen toplam monomerik antosiyanin miktarları arasındaki değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Bu araştırma sonuçları incelendiğinde mikrodalga gücünün kurutma üzerine önemli bir etkisi vardır. Antosiyanin üzerine kurutma koşullarından dolayı oluşan ısının etkisi, antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik maddelere etkisinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Farklı örnekler içinde benzer çalışmalar yapılarak bu örnekler içinde uygun kurutma koşulları tespit edilmesine yönelik çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.

Optimizasyon çalışmasından elde edilen bulgulara göre değerlendirme yapılacak olursa:

Toplam antioksidan kapasitesi değişimini ve kuruma süresini referans alındığında sıcaklık ve mikrodalga gücü kurutma verimini kuadratik olarak etkilemiştir.

Toplam fenolik madde değişimi ve toplam monomerik antosiyanin içeriği referans alındığında ise sıcaklık ve mikrodalga gücü kurutma verimini lineer olarak etkilemiştir.

Mikrodalga gücü ve sıcaklık faktörünün toplam antioksidan kapasitesi değişimi üzerine birlikte ve sadece sıcaklık faktörünün etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ancak mikrodalga gücünün etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. Antioksidan kayıplarının aronya meyvelerine uygulanan ısıl işlem sırasında meyvede doğal olarak bulunan antioksidanların bozunmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sıcaklığın ve mikrodalga gücünün artması sonucunda kuruma süreleri

azalmaktadır. Sürenin azalması ve muhtemelen meydana gelen maillard reaksiyonu ile oluşan antioksidatif ürünler nedeniyle meyvelerin antioksidan aktivitesindeki düşüşte azalma gözlemlenmektedir.

Sıcaklık ve mikrodalga gücü faktörünün toplam fenolik madde değişimi üzerine etkileri ayrı ayrı istatistiksel olarak anlamlıdır. Ancak birlikte etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Elde edilen veriler sonucu sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonlarındaki artışla birlikte kuruma süreleri azalmaktadır. Kuruma süresi ile doğru orantılı olarak fenolik madde kaybının azaldığı gözlenmektedir. Bunun sebebi yüksek ısı işlemler ile yapıda ve kabukta bulunan fenolik bileşiklerin daha kolay salınması ve kurutma süresinden dolayı ısıya daha az maruz kalması olarak düşünülmektedir.

Mikrodalga gücü ve sıcaklık faktörünün toplam monomerik antosiyanin değişimi üzerine etkileri ayrı ayrı istatistiksel olarak anlamlıdır. Ancak birlikte etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Meyvelerin maruz kaldığı sıcaklık ve mikrodalga gücü arttıkça antosiyanin miktarlarında kayıplar artmaktadır. Bunun nedeni, meyve içerisinde bulunan antosiyaninlerin ısıya karşı aşırı duyarlı olmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

Mikrodalga gücü ve sıcaklık faktörünün kuruma süresi üzerine birlikte ve ayrı ayrı etkileri istatistiksel olarak anlamlıdır. Kuruma süresi ısı işlem ile doğru orantılıdır. Kuruma sıcaklığı ve mikrodalga gücünde artma oldukça kuruma sürelerinde azalma gözlemlenmiştir. Sonuç olarak kuruma sıcaklığı ve mikrodalga gücünün artması kuruma hızını artırmaktadır.

Optimum koşulda deneysel olarak toplam antioksidan kapasitesi değişimi, toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimi ve kuruma süresi sırasıyla -67,85, -37,30, -48,65, 66,49'dur. Optimum koşul da tahmini olarak toplam antioksidan kapasitesi değişimi, toplam fenolik madde değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimi ve kuruma süresi sırasıyla -51,99, -37,31, -48,49, 67,47'dir.

Merkezi kompozit tasarım modeli ile hesaplanan optimum koşul değerleri için bulunan 7 çözüm bulunmuştur. Bu çözümlerden en yüksek arzu edilirlilik değere sahip

olan koşul değerleri 50°C ve 357W olarak belirlenmiştir. Kalite parametreleri ve sũre açısından kurutmanın bu kombinasyonda yapılmasıyla en iyi verim alınacaktır.

7. KAYNAKLAR

Adeleye, S. A., Salami, J., Oluwaleye, I. O., Oni, T. O., Akindele, D. O., & Olukayode, N. E., "Evaluation of the convective drying of banana. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*", 2(8), 1017-1026, (2020).

Alibas, I., "Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT-food science and technology*", 40(8), 1445-1451, (2007).

Alibaş, İ., "Characteristics of chard leaves during microwave, convective and combined microwave-convective drying", *Drying Technology*, 24(11), 1425- 1435, (2006).

Alibaş, İ., Yılmaz, A., Günaydın, S., & Arkain, B., "Kurutma yöntemlerinin deveci armudunun kurutma kinetiği ve renk parametreleri üzerine etkisi", *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 9(5), 897-908, (2021).

Arslan, D., & Özcan, M. M., "Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT-Food Science and Technology*", 43(7), 1121-1127, (2010).

Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. A., & Bertelli, D., "Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia", *Journal of food science*, 69(3), FCT164-FCT169, (2004).

Box, G. E., & Wilson, K. B., "On the experimental attainment of optimum conditions", In *Breakthroughs in statistics* (pp. 270-310), Springer, New York, NY, (1992).

Cánovas, B., & Mercado, V., "Osmotic Dehydration. En dehydration of foods. *Food engineering series*", Ed. Chapman & Hall New cork, 265-288, (1996).

Cemeroğlu, B., & Özkan, M., “Kurutma teknolojisi. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*”, 2, 479-618, (2004).

Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., & Özkan, M., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:28, Ankara. 690 s, (2003).

Crank, J., *The mathematics of diffusion* 2nd Edition. *Oxford Science Publications*, 32, (1975).

Çağındı, Ö., “Mikrodalga uygulamasının kırmızı üzüm suyunun antosiyanin içeriği ile bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi”, *Akademik Gıda*, 14(4), 356-361, (2016).

Çağlar, M., & Demirci, M., “Üzümsü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenmedeki önemi”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11), 18-26, (2017).

Dadalı, G., “Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi”, (2007).

Dadalı, G., Kılıç Apar, D., & Özbek, B., “Microwave drying kinetics of okra”, *Drying technology*, 25(5), 917-924, (2007).

Darıcı, S., & Şen, S., “Kivi Meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi”, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-13/16/İzmir*, (2011).

Demiray, E., “Havuç ve kırmızıbiberin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması, kuruma karakteristiklerinin ve bazı kalite özelliklerindeki değişimin modellenmesi”, (2015).

Demiray, E., “Kurutma işleminde domatesin likopen, β -karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi”, (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), (2009).

Demiray, E., Tulek, Y., & Yılmaz, Y., “Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying”, *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 172-176, (2013).

Doboğlu, H., & Çınar, I., “Liyofilizasyonun Karadut Morus nigra Kurutmadaki Potansiyelinin Belirlenmesi”, *Akademik Gıda*, 10(2), 40-47, (2012).

Engin, S. P., & Yılmaz, B. O. Z., “Ülkemiz üzümü meyve yetiştiriciliğinde son gelişmeler”, *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(5), 108-115, (2019).

Eskin, N. A. M., “Biochemistry of Food Processing: Browning Reactions in Foods”, *Biochemistry of Foods*, 239–296, (1990).

Fuleki, T., & Francis, F. J., “Quantitative methods for anthocyanins. 3. Purification of cranberry anthocyanins”, *Journal of Food Science*, 33(3), 266-274, (1968).

Fuleki, T., & Francis, F. J., “Quantitative methods for anthocyanins. 4. Determination of individual anthocyanins in cranberry and cranberry products”, *Journal of Food Science*, 33(5), 471-478, (1968).

Fuleki, T., & Francis, F. J., “Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries”, *Journal of food science*, 33(1), 72-77, (1968).

Fuleki, T., & Francis, F. J., “Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice”, *Journal of food science*, 33(1), 78-83, (1968).

Guo, J., Zheng, L., & Li, Z., “Microwave drying behavior, energy consumption, and mathematical modeling of sewage sludge in a novel pilot-scale microwave drying system”, *Science of the Total Environment*, 777, 146109, (2021).

Gümüşderelioğlu, M., Polimer Bilim ve Teknolojisi Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi, (2012).

Horszwald, A., Julien, H., & Andlauer, W., “Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes”, *Food chemistry*, 141(3), 2858-2863, (2013).

Horuz, E., “Investigation of Drying and Quality Parameters of Some Fruits and Vegetables in Home Type Hybrid (Convictional-Microwave) Oven”, Ph.D. Thesis, Gaziantep University, Gaziantep, (2018).

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., & Maskan, M., “Comparison of quality, bioactive compounds, textural and sensorial properties of hybrid and convection-dried apricots”, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 243-256, (2018).

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., & Maskan, M., “Effects of hybrid (microwave-convictional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries”, *Food chemistry*, 230, 295-305, (2017^a).

Horuz, E., Jaafar, H. J., & Maskan, M., “Ultrasonication as pretreatment for drying of tomato slices in a hot air–microwave hybrid oven”, *Drying Technology*, 35(7), 849-859, (2017^b).

Izli, N., Yıldız, G., Ünal, H., Işık, E., & Uylaşer, V., “Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (*P. hysalis peruviana* L.)”, *International Journal of Food Science & Technology*, 49(1), 9-17, (2014).

İncedayi, B., Tamer, C. E., Sinir, G. Ö., Suna, S., & Çopur, Ö. U., “Impact of different drying parameters on color, β -carotene, antioxidant activity and minerals of apricot (*Prunus armeniaca*L.)”, *Food Science and Technology*, 36, 171-178, (2016).

İzli, G., “Farklı kurutma uygulamalarının armut meyvesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkileri”, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (2018).

Janković, B., Marinović-Cincović, M., & Janković, M., “Isoconversional kinetic study and accurate determination of lifetime properties for thermal and thermo-oxidative degradation processes of *Aronia melanocarpa*”, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 542-553, (2016).

Jeppsson, N., “The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv.Viking”, *Scientia Horticulturae*, 83(2), 127-137, (2000).

Kaplan, M., Eşkiğün, S., Levent, O., Dıraman, H., & Azize, A. T. İ. K., “Farklı Kurutma Yöntemlerinin Alkaya Kayısı Çeşidinin Toplam Fenolik İçeriğine Etkisi”, *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (22), 37-44, (2019).

Karaaslan, S., “Meyve ve sebzelerin mikrodalga destekli kurutma sistemleri ile kurutulması”, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 123-129, (2012).

Karimi, S., Layeghinia, N., & Abbasi, H., “Microwave pretreatment followed by associated microwave-hot air drying of *Gundelia tournefortii* L.: drying kinetics, energy consumption and quality characteristics”, *Heat and Mass Transfer*, 57(1), 133-146, (2021).

Konuk, D., & Korel, F., “Influence of drying temperature on total phenolic content and antioxidant capacity of grape seeds”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9), 404-407, (2015).

Kulling, S. E., & Rawel, H. M., “Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)—A review on the characteristic components and potential health effects”, *Planta medica*, 74(13), 1625-1634, (2008).

Lehmann, H., “Die Aroniabeere und ihre verarbeitung”, *Flüssiges Obst*, 57, 746-752, (1990).

Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., & Lerici, C. R., “Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods”, *Trends in food science & technology*, 11(9-10), 340-346, (2000).

Maskan, M., “Microwave/air and microwave finish drying of banana”, *Journal of food engineering*, 44(2), 71-78, (2000).

McMinn, W. A. M., “Thin-layer modelling of the convective, microwave, microwave-convective and microwave-vacuum drying of lactose powder”, *Journal of Food Engineering*, 72(2), 113-123, (2006).

Meral, R., “Isıl İşlemin Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 55-67, (2016).

Miletić, N., Mitrović, O., Popović, B., Nedović, V., Zlatković, B., & Kandić, M., “Polyphenolic Content and Antioxidant Capacity in Fruits of Plum (*Prunus domestica* L.) Cultivars “Valjevka” and “Mildora” as Influenced by Air Drying”, *Journal of Food Quality*, 36(4), 229-237, (2013).

Myers, R. H., “Response surface methodology—current status and future directions”, *Journal of Quality Technology*, 31(1), 30-44, (1999).

Ochmian, I. D., Grajkowski, J., & Smolik, M., “Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*)”, *Notulae botanicae horti agrobotanici cluj- napoca*, 40(1), 253, (2012).

Oszmiański, J., & Wojdyło, A., “Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity”, *European Food Research and Technology*, 221(6), 809-813, (2005).

Ölmez, T., “The optimization of Cr (VI) reduction and removal by electrocoagulation using response surface methodology”, *Journal of Hazardous Materials*, 162(2-3), 1371-1378, (2009).

Özel, Ö. F., “Balkabağının Farklı Kurutma Şartlarındaki Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi”, Selçuk Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, (2010).

Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K., “Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation”, *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3-11, (2010).

Petković, M., Đurović, I., Miletić, N., & Radovanović, J., “Effect of convective drying method of chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on drying kinetics, bioactive components and sensory characteristics of bread with chokeberry powder”, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, (2019).

Pu, H., Li, Z., Hui, J., & Raghavan, G. V., “Effect of relative humidity on microwave drying of carrot”, *Journal of Food Engineering*, 190, 167-175, (2016).

Russo, P., Adiletta, G., & Di Matteo, M., “The influence of drying air temperature on the physical properties of dried and rehydrated eggplant”, *Food and Bioprocess Technology*, 91(3), 249-256, (2013).

Rodríguez, K., Ah-Hen, K., Vega-Gálvez, A., López, J., Quispe-Fuentes, I., Lemus-Mondaca, R., & Gálvez-Ranilla, L., “Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during convective drying of murta (*Ugni molinae* T.) berries”, *International Journal of Food Science & Technology*, 49(4), 990-1000, (2014).

Saavedra, J., Córdova, A., Navarro, R., Díaz-Calderón, P., Fuentealba, C., Astudillo-Castro, C., ... & Galvez, L., “Industrial avocado waste: Functional compounds

preservation by convective drying process”, *Journal of Food Engineering*, 198, 81-90, (2017).

Seeram, N. P., Aviram, M., Zhang, Y., Henning, S. M., Feng, L., Dreher, M., & Heber, D., “Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States”, *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(4), 1415-1422, (2008).

Seerangurayar, T., Al-Ismaili, A. M., Jeewantha, L. J., & Al-Habsi, N. A., “Effect of solar drying methods on color kinetics and texture of dates”, *Food and Bioproducts Processing*, 116, 227-239, (2019).

Seidemann, J., “Chockberries a fruit little known till now”, *Deutsche Lebensmittel-Rundschau (Germany)*, (1993).

Sezer, D. B., & Demirdöven, A., “Microwave blanching applications in fruit and vegetable processing”, *GIDA-Journal of Food*, 40(3), 171-177, (2015).

Simsek, M., & Süfer, Ö., “Effect of pretreatments on refractance window drying, color kinetics and bioactive properties of white sweet cherries (*Prunus avium* L. stark gold)”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), e15895, (2021).

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M., [14] “Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent”, In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press (1999).

Šnebergrová, J., Čížková, H., Neradova, E., Kapci, B., Rajchl, A., & Voldřich, M., “Variability of characteristic components of aronia”, *Czech Journal of Food Sciences*, 32(1), 25-30, (2014).

Stamp, J. A., & Labuza, T. P., “Kinetics of the Maillard reaction between aspartame and glucose in solution at high temperatures”, *Journal of Food Science*, 48(2), 543-544 (1983).

Sonmete, M. H., Mengeş, H. O., Ertekin, C., & Özcan, M. M., “Mathematical modeling of thin layer drying of carrot slices by forced convection”, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 629-638, (2017).

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

Sunjka, P. S., Orsat, V., & Raghavan, G. S. V., “Microwave/vacuum drying of cranberries (*Vaccinium macrocarpon*)”, *American Journal of Food Technology*, 3(2), 100-108, (2008).

Szadzińska, J., Łechtańska, J., Kowalski, S. J., & Stasiak, M., “The effect of high power airborne ultrasound and microwaves on convective drying effectiveness and quality of green pepper”, *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 531-539, (2017).

Tomás-Barberán, F. A., Ferreres, F., & Gil, M. I., “Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing”, *Studies in natural products chemistry*, 23, 739-795, (2000).

Wang, J., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Wang, D., Zhao, J. H., Fang, X. M., ... & Xiao, H. W., “Effects of various blanching methods on weight loss, enzymes inactivation, phytochemical contents, antioxidant capacity, ultrastructure and drying kinetics of red bell pepper (*Capsicum annuum* L.)”, *Lwt*, 77, 337-347, (2017).

Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X., & Hu, X., “Mathematical modelling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying”, *Journal of Food Engineering*, 80(2), 536-544, (2007).

Weissberg, H. L. (1963), “Effective diffusion coefficient in porous media”, *Journal of Applied Physics*, 34(9), 2636-2639, (1963).

Wiese, S., Gärtner, S., Rawel, H. M., Winterhalter, P., & Kulling, S. E., “Protein interactions with cyanidin-3-glucoside and its influence on α -amylase activity”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 33-40, (2009).

Wojdyło, A., Figiel, A., & Oszmianski, J., “Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits”, *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(4), 1337-1343, (2009).

Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J., “Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries”, *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 829-841 (2014).

Wu XL, G. U. L. W., Priori, R., & McKay, S., “Characterization of anthocyanins and proantho-cyanidins in some cultivars of Ribes, Aronia and Sambucus and their antioxidant capacity”, *J. Agric. Food Chem*, 52, 7846-7856, (2004).

Xu, W., Song, C., Li, Z., Song, F., Hu, S., Li, J., ... & Raghavan, G. V., “Temperature gradient control during microwave combined with hot air drying”, *Biosystems Engineering*, 169, 175-187, (2018).

Yağcıoğlu, A., Ürün işleme tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:517, İzmir, (1996).

Zambak, Ö., “*Ultras ses İşleminin Sığır Bonfile Ve Tavuk Göğüs Etlerinin Kurutma Davranışları Üzerine Etkisi*”, (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), (2015).

Zia, M. P., & Alibas, I., “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, (2021).

EKLER

8. EKLER

EK A Aronya Meyvesini Kurutma İşleminde Sonra Hesaplanan Hız ve Kinetik için Gerekli Olan Veriler

Tablo A.1: 90W mikrodalga gücü kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kurutma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	2,9539	1,0000
5	2,8894	0,9781
10	2,7714	0,9382
15	2,6463	0,8958
20	2,5382	0,8592
25	2,4381	0,8254
30	2,3455	0,7940
35	2,2595	0,7649
40	2,1822	0,7387
45	2,1082	0,7137
50	2,0395	0,6904
55	1,9688	0,6665
60	1,9063	0,6453
75	1,7285	0,5851
90	1,5774	0,5340
105	1,4360	0,4861
120	1,3005	0,4402
135	1,1749	0,3977
150	1,0615	0,3593
165	0,9541	0,3230
180	0,8539	0,2891
195	0,7601	0,2573
210	0,6802	0,2303
225	0,6031	0,2042
240	0,5334	0,1806
255	0,4715	0,1596
270	0,4156	0,1407
285	0,3678	0,1245
300	0,3243	0,1098

Tablo A.2: 180W mikrodalga gücü kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,2035	1,0000
5	3,0416	0,9495
10	2,7972	0,8732
15	2,5882	0,8079
20	2,4126	0,7531
25	2,2521	0,7030
30	2,1318	0,6655
35	2,0153	0,6291
40	1,9014	0,5936
45	1,7911	0,5591
50	1,6921	0,5282
55	1,5996	0,4993
60	1,5157	0,4732
75	1,2847	0,4010
90	1,0857	0,3389
105	0,9073	0,2832
120	0,7506	0,2343
135	0,6169	0,1926
150	0,5046	0,1575
165	0,4103	0,1281
180	0,3334	0,1041

Tablo A.3: 360W mikrodalga gücü kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,0801	1,0000
5	2,8013	0,9095
10	2,4705	0,8021
15	2,2087	0,7171
20	1,9880	0,6454
25	1,7979	0,5837
30	1,6272	0,5283
35	1,4715	0,4777
40	1,3305	0,4319
45	1,1956	0,3881
50	1,0751	0,3490
55	0,9573	0,3108
60	0,8462	0,2747
75	0,5717	0,1856
90	0,3588	0,1165

Tablo A.4: 50°C sıcak hava kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	2,9539	1,0000
5	2,8619	0,9688
10	2,7426	0,9285
15	2,6292	0,8901
20	2,5228	0,8541
25	2,4236	0,8205
30	2,3328	0,7897
35	2,2498	0,7616
40	2,1692	0,7343
45	2,0949	0,7092
50	2,0264	0,6860
55	1,9599	0,6635
60	1,8973	0,6423
75	1,7388	0,5886
90	1,5883	0,5377
105	1,4503	0,4910
120	1,3219	0,4475
135	1,2064	0,4084
150	1,0979	0,3717
165	0,9991	0,3382
180	0,9084	0,3075
195	0,8255	0,2795
210	0,7495	0,2537
225	0,6799	0,2302
240	0,6165	0,2087
255	0,5593	0,1893
270	0,5075	0,1718
285	0,4599	0,1557
300	0,4179	0,1415
315	0,3810	0,1290
330	0,3467	0,1174
335	0,3356	0,1136
340	0,3263	0,1105

Tablo A.5: 60°C sıcak hava kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,1019	1,0000
5	2,9877	0,9632
10	2,8387	0,9152
15	2,6950	0,8688
20	2,5613	0,8257
25	2,4384	0,7861
30	2,3249	0,7495
35	2,2194	0,7155
40	2,1215	0,6839
45	2,0268	0,6534
50	1,9383	0,6249
55	1,8536	0,5976
60	1,7722	0,5713
75	1,5632	0,5039
90	1,3694	0,4415
105	1,1938	0,3849
120	1,0351	0,3337
135	0,8958	0,2888
150	0,7702	0,2483
165	0,6616	0,2133
180	0,5662	0,1825
195	0,4863	0,1568
210	0,4199	0,1354
225	0,3658	0,1179

Tablo A.6: 70°C sıcak hava kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,2195	1,0000
5	3,0750	0,9551
10	2,8859	0,8964
15	2,6989	0,8383
20	2,5293	0,7856
25	2,3772	0,7384
30	2,2374	0,6949
35	2,0957	0,6509
40	1,9669	0,6109
45	1,8502	0,5747
50	1,7266	0,5363
55	1,6122	0,5008
60	1,5104	0,4692
75	1,2195	0,3788
90	0,9758	0,3031
105	0,7726	0,2400
120	0,6124	0,1902
135	0,4841	0,1504
150	0,3760	0,1168

Tablo A.7: 50°C – 90W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	2,9539	1,0000
5	2,7901	0,9445
10	2,5899	0,8768
15	2,4122	0,8166
20	2,2411	0,7587
25	2,1028	0,7119
30	1,9824	0,6711
35	1,8655	0,6315
40	1,7565	0,5947
45	1,6593	0,5617
50	1,5687	0,5311
55	1,4842	0,5024
60	1,4037	0,4752
75	1,1897	0,4028
90	1,0124	0,3427
105	0,8654	0,2930
120	0,7330	0,2482
135	0,6173	0,2090
150	0,5170	0,1750
165	0,4284	0,1450
180	0,3558	0,1205

Tablo A.8: 50°C – 180W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	2,9595	1,0000
5	2,7363	0,9246
10	2,4819	0,8386
15	2,2740	0,7684
20	2,1044	0,7111
25	1,9542	0,6603
30	1,8210	0,6153
35	1,6972	0,5735
40	1,5853	0,5357
45	1,4819	0,5007
50	1,3893	0,4695
55	1,3011	0,4396
60	1,2160	0,4109
75	0,9870	0,3335
90	0,7945	0,2685
105	0,6292	0,2126
120	0,4897	0,1655
135	0,3738	0,1263

Tablo A.9: 50°C – 360W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,2195	1,0000
5	2,8301	0,8790
10	2,4042	0,7467
15	2,0872	0,6483
20	1,8285	0,5679
25	1,6158	0,5019
30	1,4153	0,4396
35	1,2321	0,3827
40	1,0690	0,3320
45	0,9180	0,2851
50	0,7810	0,2426
55	0,6541	0,2032
60	0,5468	0,1698
75	0,3225	0,1002

Tablo A.10: 60°C – 90W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,2035	1,0000
5	3,0034	0,9375
10	2,7538	0,8596
15	2,5467	0,7950
20	2,3577	0,7360
25	2,1885	0,6832
30	2,0360	0,6356
35	1,8966	0,5920
40	1,7693	0,5523
45	1,6489	0,5147
50	1,5374	0,4799
55	1,4335	0,4475
60	1,3342	0,4165
75	1,0725	0,3348
90	0,8538	0,2665
105	0,6744	0,2105
120	0,5337	0,1666
135	0,4205	0,1313
150	0,3313	0,1034

Tablo A.11: 60°C – 180W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,2448	1,0000
5	2,9528	0,9100
10	2,6266	0,8095
15	2,3530	0,7252
20	2,1265	0,6554
25	1,9255	0,5934
30	1,7566	0,5414
35	1,6087	0,4958
40	1,4763	0,4550
45	1,3572	0,4183
50	1,2424	0,3829
55	1,1415	0,3518
60	1,0455	0,3222
75	0,8018	0,2471
90	0,6111	0,1883
105	0,4597	0,1417
120	0,3478	0,1072

Tablo A.12: 60°C – 360W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	2,8739	1,0000
5	2,5011	0,8703
10	2,1046	0,7323
15	1,8143	0,6313
20	1,5717	0,5469
25	1,3626	0,4741
30	1,1762	0,4093
35	1,0098	0,3514
40	0,8558	0,2978
45	0,7143	0,2485
50	0,5830	0,2029
55	0,4658	0,1621
60	0,3656	0,1272

Tablo A.13: 70°C – 90W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,2195	1,0000
5	2,9952	0,9303
10	2,7134	0,8428
15	2,4694	0,7670
20	2,2473	0,6980
25	2,0538	0,6379
30	1,8776	0,5832
35	1,7224	0,5350
40	1,5858	0,4926
45	1,4477	0,4496
50	1,3317	0,4136
55	1,2094	0,3756
60	1,1017	0,3422
75	0,8369	0,2599
90	0,6337	0,1968
105	0,4824	0,1498
120	0,3792	0,1178

Tablo A.14: 70°C – 180W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	2,8739	1,0000
5	2,5925	0,9021
10	2,2605	0,7866
15	1,9792	0,6887
20	1,7467	0,6078
25	1,5574	0,5419
30	1,3866	0,4825
35	1,2225	0,4254
40	1,0726	0,3732
45	0,9475	0,3297
50	0,8173	0,2844
55	0,7062	0,2457
60	0,6141	0,2137
75	0,3877	0,1349

Tablo A.15: 70°C – 360W kombinasyonu kullanımı ile kurutulan meyvenin verileri

Kuruma Zamanı (dakika)	Nem İçeriği (g su/g kuru madde)	Nem Oranı (MR)
0	3,2737	1,0000
5	2,8689	0,8764
10	2,4393	0,7451
15	2,1216	0,6481
20	1,8525	0,5659
25	1,6136	0,4929
30	1,4153	0,4323
35	1,2351	0,3773
40	1,0689	0,3265
45	0,9234	0,2821
50	0,7870	0,2404
55	0,6643	0,2029
60	0,5519	0,1686
75	0,3170	0,0968

Tablo A.16: Farklı kurutma koşullarının kurutma sonrası su aktiviteleri

Kurutma Koşulu	Su Aktivitesi (a_w)
Başlangıç	0,980
90W	0,382
180W	0,434
360W	0,455
50°C	0,489
60	0,380
70	0,450
50°C-90W	0,349
50°C-180W	0,454
50°C-360W	0,417
60°C-90W	0,421
60°C-180W	0,423
60°C-360W	0,460
70°C-90W	0,442
70°C-180W	0,481
70°C-360W	0,448

EK B Çalışma ile ilgili Fotoğraflar



Şekil B.1: 15 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi



Şekil B.2: 30 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi



Şekil B.3: 60 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulmuş aronya meyvesi



Şekil B.4: 75 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulmuş aronya meyvesi



Şekil B.5: 100 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi



Şekil B.6: 125 dakika, 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi



Şekil B.7: 60°C-180W kurutma koşulunda kurutulan aronya meyvesi depolanma aşaması



Şekil B.8: 105°C sıcaklıkta nem tayini için sabit tartıma düşünceye kadar bekletilen aronya meyvesi örnekleri