T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BILDIRCIN (*COTURNIX COTURNIX*) ETİNİN MODERN KURUTMA KARAKTERİZASYONU VE KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Azat FAKHRUTDINOV

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK

Mayıs, 2024

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BILDIRCIN (*COTURNIX COTURNIX*) ETİNİN MODERN KURUTMA KARAKTERİZASYONU VE KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Azat FAKHRUTDINOV tarafından hazırlanan tez çalışması 09.05.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimya Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Emek DERUN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Fatma Tuğçe ŞENBERBER DUMANLI, Üye
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Bıldırcın (*Coturnix coturnix*) Etinin Modern Kurutma Karakterizasyonu ve Kalitesinin İncelenmesi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Azat FAKHRUTDINOV

Bu çalışma, “Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü’nün FYL-2023-5575” numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Çok özlediğim, anlayışlı, yeri doldurulamaz ve paha biçilmez anne ve babama

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK'a, doğru anlarda zaman ayırdığı, tüm isteklerimi ve özelliklerimi anlayıp kabul ettiği ve özellikle "Bıldırcın (*Coturnix coturnix*) Etinin Modern Kurutma Karakterizasyonu ve Kalitesinin İncelenmesi" adlı tezimin tüm araştırma sürecinde sonsuz desteği için içten saygı ve şükranlarımı sunuyorum.

Bu uzun yolculuktaki sürekli yardımları, eğitimleri ve sabrı için saygıdeğer Arş. Gör. Özden Zehra ÖZYALÇIN GENÇ'e çok teşekkür ederim.

Başta Aizada MYRZAGELDI, Ali Turgay ŞAN, Ghath AL HAFEZ, Osama Taha Abdullah AL-SHAMHAZI, Merve ALP, Celaleddin Furkan BAYINDIR olmak üzere bütün harika arkadaşlarıma, manevi destek ve eğitim sürecinde yardımları için tarif edilemez şükranlarımı sunuyorum.

Bu hedefe ulaşma yolculuğumda yer alan tüm öğretim üyelerine ve personele çok minnettarım.

Eşsiz aileme, hiçbir zaman inancımı kaybetmedikleri ve her kararımda destek oldukları için özel olarak sonsuz teşekkür ediyorum. Onların varlığı sayesinde hayatımın bu noktasına gelebildim ve bu desteği gerçekten takdir ediyorum.

Azat FAKHRUTDINOV

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ix
KISALTMA LİSTESİ x
ŞEKİL LİSTESİ xi
TABLO LİSTESİ xv
ÖZET xv
ABSTRACT xvii
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Taraması 1
1.2 Hipotez 6
1.3 Tezin Amacı 7
2 BILDIRCIN 8
2.1 Bıldırcının Tanıtımı 8
2.1.1 Genel Bilgiler 8
2.1.2 Tarih 9
2.1.3 Perspektifler 10
2.2 Nerede Tüketilir; Dünya ve Türkiye 11
2.2.1 Genel Bakış 11
2.2.2 Çin 11
2.2.3 Avrupa Birliği 11
2.2.4 Amerika Birleşik Devletleri 11
2.2.5 Ukrayna 12
2.2.6 Hindistan 12
2.2.7 Türkiye 13
2.3 Besin Değerleri ve Faydaları 14
2.3.1 Besin Değerleri 14
2.3.2 Mikro ve Makroelementleri 14
3 KURUTMA 15
3.1 Muhafaza Yöntemleri 15
3.2 Kurutma 16
3.2.1 Genel Bilgiler 16
3.2.2 Güneşte Kurutma 16
3.2.3 Güneşte Enerjisi Destekli Kurutma 16

3.2.4 Sıcak Hava Kurutma 17
3.2.5 Kızılötesi Kurutma 17
3.2.6 Mikrodalga Kurutma 17
3.2.7 Dondurarak Kurutma 18
3.2.8 Hibrit Yöntemleri 18
3.3 Kurutucu Cihazlar 18
3.3.1 Döner Kurutucular 18
3.3.2 Bantlı Kurutucular 19
3.3.3 Tünel Kurutucular 19
3.3.4 Kurutma Dolapları 20
3.3.5 Dondurarak Kurutucular (Liyofilizatör) 20
3.3.6 Güneş Enerjili Doğal Kurutucu 21
3.4 Ön İşlem Yöntemleri 22
3.4.1 Haşlama 22
3.4.2 Tuzlama 22
3.4.3 Ultrason 23
3.4.4 Ozmotik Dehidrasyon 23
4 DENEYSEL ÇALIŞMA 24
4.1 Materyaller ve Numune Hazırlaması 24
4.2 Deneysel Yöntemler ve Ekipmanlar 25
4.2.1 Nem Tayini 25
4.2.2 Mikrodalga Kurutma 26
4.2.3 Kızılötesi Kurutma 31
4.2.4 Dondurarak Kurutma 38
4.2.5 Hibrit Kurutma 43
5 HESAPLAMALAR VE MATEMATİKSEL MODELLEME 52
5.1 Modeller 54
5.2 Renk Analizi 55
6 SONUÇ 58
KAYNAKÇA 70
A MİKRODALGA KURUTMA İLE GERÇEKLEŞEN DENEYLERİN MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ 83
B KIZILÖTESİ KURUTMA İLE GERÇEKLEŞEN DENEYLERİN MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ 91
C DONDURARAK KURUTMA İLE GERÇEKLEŞEN DENEYLERİN MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ 99

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **107**

SİMGE LİSTESİ

°C	Celsius Derece
dk	Dakika, zaman birimi
rpm	Dakikadaki devir sayısı (Revolutions per minute)
D_{eff}	Efektif nem difüzyon katsayısı
R^2	En yüksek belirleme katsayısı
g, gr	Gram, kütle birimi
CO_2	Karbondioksit
kg	Kilogram, kütle birimi
kHz	Kilohertz, frekans (sıklık) birimi
kcal	Kilokalori, enerji birimi
RMSE	Kök ortalama kare hatası (Root-mean-square deviation)
DR	Kuruma hızı (Drying rate)
MHz	Megahertz, frekans (sıklık) birimi
m	Metre, boyut birimi
m/s	Metre bölü saniye (saniyede metre), hız birimi
mbar	Milibar, basınç birimi
mg	Miligram, kütle birimi
M	Nem içeriği (Moisture content)
MR	Nem oranı (Moisture rate)
Pa	Pascal, basınç birimi
s	Saniye, zaman birimi
cm	Santimetre, boyut birimi
cm^2	Santimetrekare, alan birimi
$SC{-}CO_2$	Süperkritik karbondioksit
TL	Türk Lirası
B_1	Vitamin B_1
B_2	Vitamin B_2
B_3	Vitamin B_3
B_{12}	Vitamin B_{12}
W	Watt, güç birimi
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CMYK	Cyan-Magenta-Yellow-Key
FD	Dondararak Kurutma (Freeze Drying)
HAD	Sıcak Hava Kurutma (Hot Air Drying)
HD	Isı Pompa Kurutma (Heat-Pump Drying)
IM&CD	Aralıklı Mikrodalga-Konveksiyon Kurutma (Intermittent Microwave-Convection Drying)
IR	Kızılötesi Kurutma (Infrared Drying)
MFD	Mikrodalga Dondurarak Kurutma (Microwave Freeze Drying)
MÖ	Milletten Önce
MVD	Mikrodalga Vakum Kurutma (Microwave Vacuum Drying)
MW	Mikrodalga Kurutma (Microwave Drying)
ND	Doğal Kurutma (Natural Drying)
OD	Fırında Kurutma (Oven Drying)
OK	Oklahoma
PE	Polietilen
TEPGE	Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UI	Uluslararası Birim (International Unit)
US	Ultrason
USDA	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (United States Department of Agriculture)
VD	Vakum Kurutma (Vacuum Drying)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Bayağı bıldırcın (*Coturnix coturnix*) 8
Şekil 2.2 Bıldırcın eti üretimini sağlayan iller 14
Şekil 3.1 Gıda muhafazasında gelişme 15
Şekil 3.2 Gıda kurutmanın faydaları 16
Şekil 3.3 Döner kurutucu 19
Şekil 3.4 Bantlı kurutucu 19
Şekil 3.5 Tünel kurutucu 20
Şekil 3.6 Kurutma dolabı 20
Şekil 3.7 Liyofilizatör 21
Şekil 3.8 Raflı tip pasif sistem güneşle kurutucu 21
Şekil 3.9 Isı deposu olan bacalı–raflı pasif sistem güneşle kurutucu 22
Şekil 4.1 Nem tayininde kullanılan gögüs numuneleri 25
Şekil 4.2 Nuve EV-018 fırını 26
Şekil 4.3 Delonghi MW205S mikrodalga fırını 27
Şekil 4.4 Mikrodalga kurutma 140 W enerji seviyesinde kurutulmuş numune 27
Şekil 4.5 Mikrodalga kurutma 210 W enerji seviyesinde kurutulmuş numune 27
Şekil 4.6 Mikrodalga kurutma 350 W enerji seviyesinde kurutulmuş numune 28
Şekil 4.7 Radwag MA 50.R nem analiz cihazı 31
Şekil 4.8 Kızılötesi kurutma 60 °C sıcaklıkta kurutulmuş numune 32
Şekil 4.9 Kızılötesi kurutma 70 °C sıcaklıkta kurutulmuş numune 32
Şekil 4.10 Kızılötesi kurutma 80 °C sıcaklıkta kurutulmuş numune 33
Şekil 4.11 Labart LFD-10N dondurarak kurutucu 39
Şekil 4.12 Dondurarak kurutma ön işlemsiz kurutulmuş numune 40
Şekil 4.13 Dondurarak kurutma % 10 tuzlu suda haşlama ön işlemi ile kurutulmuş numune 40
Şekil 4.14 Dondurarak kurutma % 20 tuzlu suda haşlama ön işlemi ile kurutulmuş numune 41
Şekil 4.15 FD + IR hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune 44
Şekil 4.16 IR + FD hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune 44
Şekil 4.17 FD + MW hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune 45
Şekil 4.18 MW + FD hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune 45
Şekil 4.19 IR + MW hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune 45
Şekil 4.20 MW + IR hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune 46
Şekil 6.1 Mikrodalga kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim 58
Şekil 6.2 Kızılötesi kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim 58
Şekil 6.3 Dondurarak kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim 59
Şekil 6.4 Dondurarak ve kızılötesi (ve tersi) kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim 59
Şekil 6.5 FD + MW, IR + MW (ve tersleri) kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim 60
Şekil 6.6 Mikrodalga ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları 61
Şekil 6.7 Kızılötesi ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları 62
Şekil 6.8 Dondurarak kurutma ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları 62

Şekil 6.9 FD + IR (ve tersi) kurutma ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları 63
Şekil 6.10 FD + MW, IR + MW (ve tersleri) kurutma ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları 63
Şekil 6.11 Mikrodalga ile kurutulan numunelerin zamana karşı ln (*MR*) grafiği.. 64
Şekil 6.12 Kızılötesi ile kurutulan numunelerin zamana karşı ln (*MR*) grafiği..... 64
Şekil 6.13 Dondurarak kurutma ile kurutulan numunelerin zamana karşı ln (*MR*) grafiği 65
Şekil 6.14 Mikrodalga kurutma için hesaplanan D_{eff} değeri..... 66
Şekil 6.15 Kızılötesi kurutma için hesaplanan D_{eff} değeri..... 66
Şekil 6.16 Dondurarak kurutma için hesaplanan D_{eff} değeri 67
Şekil 6.17 Mikrodalga kurutmaya ait ln (D_{eff}) değerlerine karşı m/P grafiği 67
Şekil 6.18 Kızılötesi kurutmaya ait ln (D_{eff}) değerlerine karşı $1/T$ grafiği 68
Şekil A.1 Mikrodalga yönteminin Alibaş modelin grafiği 83
Şekil A.2 Mikrodalga yönteminin İki terimli modelin grafiği 83
Şekil A.3 Mikrodalga yönteminin Henderson modelin grafiği 84
Şekil A.4 Mikrodalga yönteminin Jena modelin grafiği 84
Şekil A.5 Mikrodalga yönteminin Lewis modelin grafiği..... 85
Şekil A.6 Mikrodalga yönteminin Aghbashlo modelin grafiği 85
Şekil A.7 Mikrodalga yönteminin Logaritmik modelin grafiği 86
Şekil A.8 Mikrodalga yönteminin Midilli modelin grafiği 86
Şekil A.9 Mikrodalga yönteminin Page modelin grafiği..... 87
Şekil A.10 Mikrodalga yönteminin Parabolik modelin grafiği 87
Şekil A.11 Mikrodalga yönteminin Peleg modelin grafiği..... 88
Şekil A.12 Mikrodalga yönteminin Verma modelin grafiği..... 88
Şekil A.13 Mikrodalga yönteminin Wang modelin grafiği 89
Şekil A.14 Mikrodalga yönteminin Weinbull modelin grafiği..... 89
Şekil A.15 Mikrodalga yönteminin İki terimli üstel modelin grafiği 90
Şekil B.1 Kızılötesi yönteminin Alibaş modelin grafiği 91
Şekil B.2 Kızılötesi yönteminin İki terimli modelin grafiği..... 91
Şekil B.3 Kızılötesi yönteminin Henderson modelin grafiği 92
Şekil B.4 Kızılötesi yönteminin Jena modelin grafiği..... 92
Şekil B.5 Kızılötesi yönteminin Lewis modelin grafiği 93
Şekil B.6 Kızılötesi yönteminin Aghbashlo modelin grafiği 93
Şekil B.7 Kızılötesi yönteminin Logaritmik modelin grafiği..... 94
Şekil B.8 Kızılötesi yönteminin Midilli modelin grafiği..... 94
Şekil B.9 Kızılötesi yönteminin Page modelin grafiği 95
Şekil B.10 Kızılötesi yönteminin Parabolik modelin grafiği 95
Şekil B.11 Kızılötesi yönteminin Peleg modelin grafiği 96
Şekil B.12 Kızılötesi yönteminin Verma modelin grafiği 96
Şekil B.13 Kızılötesi yönteminin Wang modelin grafiği 97
Şekil B.14 Kızılötesi yönteminin Weinbull modelin grafiği 97
Şekil B.15 Kızılötesi yönteminin İki terimli üstel modelin grafiği 98
Şekil C.1 Dondurarak yönteminin Alibaş modelin grafiği..... 99
Şekil C.2 Dondurarak yönteminin İki terimli modelin grafiği 99
Şekil C.3 Dondurarak yönteminin Henderson modelin grafiği..... 100
Şekil C.4 Dondurarak yönteminin Jena modelin grafiği 100
Şekil C.5 Dondurarak yönteminin Lewis modelin grafiği 101
Şekil C.6 Dondurarak yönteminin Aghbashlo modelin grafiği..... 101
Şekil C.7 Dondurarak yönteminin Logaritmik modelin grafiği 102

Şekil C.8 Dondurarak yönteminin Midilli modelin grafiği 102
Şekil C.9 Dondurarak yönteminin Page modelin grafiği 103
Şekil C.10 Dondurarak yönteminin Parabolik modelin grafiği..... 103
Şekil C.11 Dondurarak yönteminin Peleg modelin grafiği 104
Şekil C.12 Dondurarak yönteminin Verma modelin grafiği 104
Şekil C.13 Dondurarak yönteminin Wang modelin grafiği 105
Şekil C.14 Dondurarak yönteminin Weinbull modelin grafiği 105
Şekil C.15 Dondurarak yönteminin İki terimli üstel modelin grafiği 106

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Nem taiyni sonuçları ve ortalaması 26
Tablo 4.2 Mikrodalga kurutma deneylerin sonuçları 28
Tablo 4.3 Kızılötesi kurutma deneylerin sonuçları 33
Tablo 4.4 Ön işlem ile nem taiyni sonuçları 39
Tablo 4.5 Dondurarak kurutma deneylerin sonuçları 41
Tablo 4.6 Hibrit yöntemleri deneylerin sonuçları 46
Tablo 5.1 Kullanılan modeller 54
Tablo 5.2 Renk analizlerin sonuçları 56
Tablo 5.3 Hibrit yöntemler renk analizlerin sonuçları 56
Tablo 5.4 ΔE sonuçları 57

ÖZET

Bıldırcın (*Coturnix coturnix*) Etinin Modern Kurutma Karakterizasyonu ve Kalitesinin İncelenmesi

Azat FAKHRUTDINOV

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği (YL) Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK

Dünya nüfusunda gözlenen artış, tüketimin artmasına ve bunun sonucunda üretilen et ve et ürünlerinin kıtlığına yol açmaktadır. Ayrıca insan sayısının artması şehirlerin büyümesine ve dolayısıyla kesimlik hayvan yetiştirmek için kullanılan tarımsal işletmelerin alanlarının azalmasına neden olmaktadır.

Bu nedenle son yıllarda kümes hayvanlarının yetiştiriciliğinde artış görülmektedir. Geniş alanlara veya çok miktarda yem gerektirmezler. Aynı zamanda gıda ürünlerinin tazeliğinin korunması sorunu günümüzde de geçerlidir. En etkili yöntemlerden biri kurutmadır.

Bu yüksek lisans tezinde araştırmanın amacı bıldırcın (*Coturnix coturnix*) etinin dondurarak (FD) (-50 ℃, 0.1 Pa), mikrodalga (MW) (140, 210, 350 W), kızılötesi (IR) (60, 70, 80 ℃) ve hibrit (FD + MW 210 W, MW 210 W + FD, MW 210 W + IR 70 ℃, IR 70 ℃ + MW 210 W, FD + IR 70 ℃, IR 70 ℃ + FD) yöntemlerle, tuzlu suda (% 10 ve % 20) haşlama ön işlem olarak kullanılarak ve kullanılmadan kurutulmasıdır.

Deneyler sırasında numunelerin zaman ve kütle değişimlerine ilişkin veriler elde edildi. Sonuçlar proses modellemeyi, aktivasyon enerjisinin ve efektif nem difüzyonun hesaplanmasını gerçekleştirmek için kullanıldı.

Elde edilen kurutulmuş numuneler renk analizine tabi tutuldu.

Deneylerin sonuçlarına göre, en hızlı kurutma yönteminin mikrodalga kurutma yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır. Kurutulmuş gıda ürünlerinin görsel görünümü, tüketicilerin vereceği ilk kararda hayati bir rol oynadığından, doğal renginin korunması gerekmektedir. Dış görünüş özellikleri en iyi şekilde sublimasyon kurutma yöntemiyle korunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bıldırcın eti, kurutma, ön işlem, efektif nem difüzyonu, modelleme.

ABSTRACT

Modern Drying Characterization and Quality Investigation of Quail (*Coturnix coturnix*) Meat

Azat FAKHRUTDINOV

Department of Chemical Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK

The observed growth in the world's population leads to an increase in consumption and, as a consequence, to a shortage of produced meat and meat products. Also, an increase in the number of people causes the growth of cities and, thereby, leads to a decrease in the areas of agricultural holdings that are used for raising livestock for slaughter.

Therefore, in recent years, bird breeding has shown an increase. They do not require large areas or huge amounts of feed. At the same time, the issue of food preservation remains relevant to this day. One of the most effective methods is drying.

In this master's thesis, the purpose of the research was the drying of quail (*Coturnix coturnix*) meat by freeze drying (FD) (-50 ℃, 0.1 Pa), microwave (MW) (140, 210, 350 W), infrared (IR) (60, 70, 80 ℃) and hybrid (FD + MW 210 W, MW 210 W + FD, MW 210 W + IR 70 ℃, IR 70 ℃ + MW 210 W, FD + IR 70 ℃, IR 70 ℃ + FD) methods, with and without using of blanching pre-treatment in salt water (10 % and 20 %).

During the experiments, data on time and changes in the mass of the samples were obtained.

The results were used to carry out process of modeling, calculation of activation energy and effective moisture diffusivity.

The resulting dried samples were subjected to color analysis.

According to the results of the experiments, it was concluded that the fastest drying method was the microwave drying method. The external appearance characteristics are best preserved by the sublimation drying method, which will positively reflect on the consumer's preference.

Keywords: Quail meat, drying, pre-treatment, effective moisture diffusivity, modelling.

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Taraması

Et tüketiminin artmasıyla birlikte, uzun süre saklamanın önemi de artmaktadır. Birçok gıda saklama yöntemi arasında kurutma, yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir [1, 2]. Bilimsel literatürde, kurutma konusuna odaklanan birçok çalışma bulunmaktadır.

Örneğin, sebzelerin kurutulmasıyla ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Lahananın kurutulması üzerine çalışan Xu ve arkadaşları, sıcak hava (HAD), dondurarak (FD), mikrodalga (MW), vakum (VD), mikrodalga + sıcak hava ve mikrodalga + vakum kurutma yöntemleri kullandılar. HAD ve VD yöntemleriyle karşılaştırıldığında, FD, MW yöntemi de, ayrı deneylerde HAD veya VD ile birleştirildiğinde, besin bileşenlerinin korunması ve antioksidan aktivitesinin daha iyi olduğunu gösterdi. Bununla birlikte, FD, göreceli olarak daha uzun kuruma süresi ve daha yüksek enerji tüketimi göstermiştir [3].

An ve arkadaşları zencefilin kurutulmasını gerçekleştirdiler. Deneyler sırasında, HAD, IR (kızılötesi), FD, MW ve Aralıklı mikrodalga-konveksiyon kurutma (IM&CD) yöntemleri kullanıldı. HAD ve MW işlemleri ile karşılaştırıldığında, FD, IR ve IM&CD, kimyasal profillerin, antioksidan aktivitesinin ve hücresel yapıların daha yüksek korunmasına sahipti, bu durum daha az yoğun ısınmalarına atfedildi. Ancak, özellikle dondurarak kurutma olmak üzere, FD ve IR göreceli olarak daha yüksek enerji tüketimi ve kuruma süresine sahipti [4].

Sasongko ve arkadaşları soğan üzerinde sıcak hava ile kurutma uyguladılar. Farklı sıcaklıklar kullanıldı. Polifenolün bozunma hızının kurutma sıcaklığındaki artışa uyum sağladığı gözlendi. Sonuçlar, havanın nispi neminin düşürülmesinin kurutma için itici kuvveti artırabileceğini gösterdi, bu da düşük veya orta sıcaklıklarda kurutma süresinin azaltılmasına ve toplam fenolik bileşiklerin bozunmasının en aza indirilmesine olanak tanıyabilir [5].

Kuşkonmazın kurutulması Chen ve arkadaşları tarafından gerçekleştirildi. Doğal kurutma (ND 28–32 °C), fırında kurutma (OD, 50 °C), ısı pompasıyla kurutma (HD, 50 °C) ve vakumlu dondurarak kurutma (FD, -45 °C, 10–30 Pa) uygulandı.

Tarımsal ürünlerin ısı pompasıyla kurutma yöntemi kullanılarak kurutulmasına ilişkin mevcut araştırmalar, kombinasyonlu kurutmanın, en az miktarda enerji kullanarak, iyi kaliteyi sağlamak için daha etkili bir yaklaşım olduğunu ortaya çıkarmıştır. [6].

Sebzelerin yanı sıra, meyvelerle ilgili çalışmalar da oldukça yaygındır.

Örneğin, pomelonun kurutulması üzerine çalışan Kırbaşa ve arkadaşları üç farklı yöntem kullanmışlardır; dondurarak, mikrodalga (350 W) ve cebri konveksiyon kurutma (90 °C) yöntemleri. Deneyler sırasında kurutma işlemlerinin farklı parametrelerini tahmin etmek için modeller geliştirildi. [7].

Monteiro ve arkadaşları beş farklı kurutma yöntemini kullanarak balkabağının kurutulması üzerine çalıştılar. Deneyler sonucunda, mikrodalga bazlı kurutma yöntemlerinin (vakumlu ve vakumsuz) kurutulmuş kabakların endüstriyel üretimi için uygun olarak görülmüştür. Çok kısa kuruma sürelerine ve çekici özelliklere sahip olduğundan dolayı bu sonucuna varılmıştır. [8].

Simonenko ve arkadaşları dondurarak kurutma yöntemi kullanarak feijoa meyvesini işlediler. Antioksidan ve diğer bileşimlerin miktarları incelendi ve dondurarak kurutma yöntemi faydalı maddelerinin korunmasına yardımcı olabileceğini sonucu ortaya çıkmıştır. İşlenmiş meyvelerdeki yararlı bileşimlerin miktarları işlenmemiş olanların seviyesenden büyük bir fark göstermemiştir [9].

Ayrıca, kurutma karışımlarına ilişkin örnekler de bulunmaktadır.

Örneğin, patates ve elma pürelerin karışımı kurutarak cipse dönüştürmesiyle ilgili çalışmalar yapan Lue-lue Huang ve arkadaşları gibi araştırmacılar bulunmaktadır. Mikrodalga dondurarak kurutma (MFD), dondurarak kurutma (FD), mikrodalga vakum kurutma (MVD) ve vakumla kurutmanın (VD) doku, renk, rehidrasyon, mikro yapı ve diğer kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. MFD cipsler en iyi kaliteye sahip olup tüketiciler tarafından bu ürünler tercih edilmiştir. MFD'nin kuruma süresi FD'ye göre daha düşüktü. MVD için kuruma süresi en kısaydı ve enerji tüketimi de en düşüktü. Mikrodalga kurutma sadece kuruma süresini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda kurutulmuş ürünlerin kalitesini de artırır. Hem MFD hem de MVD tekniklerinin, değişen derecelerde yeniden yapılandırılmış cipslerin üretimi için uygun olduğu bulunmuştur [10].

Et ürünlerinin kurutulması üzerine de birçok literatür çalışması bulunmaktadır.

Bu çalışmalara örnek olarak, Aykın-Dinçer ve Erbaş dana eti kullanarak soğuk hava kurutma yöntemini incelemişlerdir. Sığır dilimleri, farklı düşük sıcaklıklarda (10, 15 ve 20 °C) ve hava akış hızlarında (1, 2, 3 ve 4 m/s) yaklaşık % 40 su içeriğine kadar kurutuldu. Düşük kurutma sıcaklığının kurutulmuş dilimlerin rengi üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca sıcaklığın 10 °C'den 20 °C'ye ve hava akış hızının 1 m/s'den 4 m/s'ye artmasıyla kurutulmuş dilimlerin mikrobiyolojik kalitesinin düştüğü belirlendi. Son olarak, 10 °C'de ve 3 m/s'de kurutulan dilimler daha yüksek duyusal özellik puanlarına sahip olmuştur. Sonuç olarak, düşük kurutma sıcaklığı ve yüksek hava akış hızı, kurutulmuş sığır eti dilimlerinin kalitesini arttırabilmektedir. [11].

Shi ve arkadaşları sıcak havayla gradyan kurutma sırasında kurutulmuş sığır etinin kalitesini ve görünümünü araştırdı. Sıcaklıklar sırayla 40 ℃'den 50 ℃–60 ℃'ye çıkarıldı. [12]

Liu ve arkadaşları domuz eti üzerine araştırmalar yapmışlardır. Bu deneyde, farklı kurutma yöntemlerinin kurutulmuş domuz etinin fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak için iki kurutma işlemi (kurutma fırını ve pişirme fırını) seçilmiştir. Pişirme fırında kurutulan domuz eti, kurutma fırında kurutmaya göre daha iyi sonuçlar verdi. [13]

Chaoucha ve arkadaşları bu araştırma sırasında dolaylı ve doğrudan konveksiyonlu bir güneş enerjili kurutucuları araştırdı. Doğal koşullar altında doğrudan kurutma odası, dolaylı kurutma odasından daha yüksek sıcaklıklar sağlar [14].

Kıpçak ve İsmail ise balık, tavuk ve dana etlerinin mikrodalga ile kurutulması üzerine çalışmışlardır. Her numune 90, 180, 270 ve 360 W olmak üzere dört farklı mikrodalga gücü kullanılarak kurutuldu. Mikrodalga gücü arttıkça kuruma süresi azalması fark edilmiştir [15].

Elmas ve arkadaşları ise hindi etinin kurutulmasında sıcak hava (60, 75, 90 ℃), mikrodalga (180, 360, 540 W) ve dondurarak (0,1, 0,15, 0,2 mbar) kurutma yöntemlerini kullanıp kurutma kinetikleri araştırdılar. Mikrodalga kurutma işlem süreleri, hacimsel ısıtmadan dolayı sıcak hava ve dondurarak kurutmaya göre daha kısa olmuştur. Sıcaklık, güç ve vakum basıncının artmasıyla kuruma süreleri azaldı. Etkin difüzyon katsayıları sıcaklık, mikrodalga gücü ve vakum basıncıyla doğru orantılı olarak arttı [16].

Tavuk eti tüketim oranlarının yüksek olması nedeniyle birçok çalışmada ana ürün olarak ele alınmıştır.

Namwong ve arkadaşları tarafından tavuk etinin döner kurutucuda sıcak hava akımında kurutulma gerçekleştirildi. Sonuçlar, optimum kurutma koşulunun 70–85 ºC sıcaklık aralığında ve 10 rpm dönüş hızında elde edildiğini gösterdi [17].

López-Vidaña ve arkadaşları güneş enerjisiyle çiğ ve haşlanmış tavuk kurutma deneyleri işlediler. Pişmiş et numunelerinde, pişmiş tavuk göğüs etinde yüksek renk farklılığı, yağ ve protein içeriği değerlerinin ise daha yüksek olduğu gözlendi. Araştırmacılar, deneylerin sonuçlarına göre kaliteli ürün elde etmek için tavuk etinin güneşte kurutulmasının uygun olduğu sonucuna vardılar [18].

ManGang ve arkadaşları tarafından ise mikrodalga, sıcak hava ve dondurarak yöntemleri ile tavuk küplerinin kurutulması yapılmıştır. Sonuçlar, vakumlu dondurarak kurutma sonrasında tavuğun renk ve su aktivitesinin diğer iki yönteme göre daha iyi olduğunu gösterdi. Ayrıca, çevresel taramalı elektron mikroskobu sonuçları, tavuğun mikro yapısının kurutulduktan sonra belirli ölçülere kadar küçüldüğünü ve vakumla dondurularak kurutulan numunelerin, kurumadan numunelerin yapılarına en yakın olan, net bir mikro yapıya sahip en az büzülmeyi gösterdiğini gösterdi. Ayrıca, vakumla dondurularak kurutulan tavuk, en kısa rehidrasyon süresine ve en yüksek rehidrasyon oranına sahip olmuş ve rehidrasyondan sonra iyi doku özellikleri ve duyusal nitelikler göstermiş, mikrodalga ve sıcak hava kombine olan yöntem ise kalite olarak ikinciydi. Karşılaştırıldığında, sıcak havayla kurutma en zayıf sonuçları göstermiştir [19].

Gıda ürünlerinin kurutulmasıyla ilgili birçok çalışma, kurutma sürelerinin ve enerji tüketiminin azaltılması ile birlikte son ürün kalitesinin artırılmasına yönelik çeşitli ön işlemlerle gerçekleştirilmiştir.

Örneğin, Monteiro ve arkadaşları, balkabağı örneklerini kurutmadan önce haşlama işlemine tabi tutmuşlardır [8].

Souza ve arkadaşları, havuç kurutma üzerine etkilerini incelemek için damıtılmış suda sükroz ve sodyum klorür kullanmışlar ve bu işlemin enerji maliyetlerini düşürdüğünü ve besin değerlerini arttırdığını bulmuşlardır [20].

Ren ve arkadaşları, ultrasonla işlenmiş ve haşlanmış soğan örneklerinin dondurularak kurutulması ve sıcak hava ile kurutulması işlemlerini

gerçekleştirmişlerdir. Deneylerin sonuçları, ürünlerin daha iyi korunduğunu ve daha yüksek biyoaktif bileşik içeriği ile yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir [21].

Carneiro da Cunha ve arkadaşları, karpuz örneklerini farklı konsantrasyonlarda etanol çözeltilerine maruz bırakarak vakum, ultrason ve her iki işleme tabi tutmuşlardır. Daha düşük kuruma süresi elde eden koşul, % 100 etanol çözeltisinde ultrason ön işleminin kullanılmasıydı. Kurutma, biyoaktif bileşiklerin azalmasına neden oldu ve renk parametrelerini etkiledi. Bununla birlikte, % 50 etanol çözeltisine daldırılan ve kurutulan numunelerde toplam fenolikler, toplam karotenoidler ve askorbik asit içeriklerinde en küçük kayıplar tespit edildi [22].

Et ürünleri üzerine yapılan çalışmalar, çeşitli ön işlemlerin kullanıldığına işaret etmektedir.

Özyalçın ve Kıpçak, basit kalamarı ultrasonik işlemle kızılötesi ve mikrodalga kurutmaya tabi tutmuşlardır. Sonuçlar, ultrason kullanımının kurutma sürecini hızlandırabileceğini, ancak aynı zamanda malzemenin şişmesine yol açtığını gösterdi [23].

Pérez-Cervera ve arkadaşları, karidesleri haşlayarak kurutmuş ancak haşlamanın kurutma işlemine ve biyoaktif bileşiklerin içeriğine büyük etkisi olmadığını belirlemişlerdir [24].

Morbiato ve arkadaşları, tavuk etini kurutmak için süperkritik karbondioksit (SC ve CO_2) ve ultrason kullanmışlardır. Her iki SC–CO_2 işleminde de mezofilik bakterilerin ve mayaların ve küflerin tamamen etkisizleştirilmesi sağlanırken, kontrol olarak kullanılan 75 °C'de fırında kurutma yalnızca sınırlı bir etkisizleştirme gösterdi. SC−CO_2 işlemleri aşılanmış Salmonella'nın etkisizleştirilmesinde de etkili olmuştur. SC−CO_2 kurutmasından sonra B_1, B_2, B_3 ve B_{12} Vitaminlerinin tutulması, besin açısından taze benzeri özelliklerin korunduğunu göstermiştir. Renk analizi, geleneksel pişirme teknikleriyle kıyaslanabilir bir renk değişikliği gösterdi. Sonuçlar, SC–CO_2 bazlı süreçlerin tavuğu kurutmak ve besin özelliklerini korurken mikrobiyolojik olarak güvenli hale getirmek için yenilikçi teknolojiler olarak kullanılabileceğini göstermektedir [25].

Demiray ve arkadaşları, sıcak hava ile kurutmadan önce vakumla kurutma işlemine başvurmuşlardır. Yüksek sıcaklıkta kısa süreli kurutmanın kalite özelliklerini

korumada daha etkili olduğu görülmüştür. Aktivasyon enerjisi ile gösterilen oksidasyon sürecine göre, lipit oksidasyonunun protein oksidasyonundan daha hızlı oluştuğu ve lipit oksidasyon ürünlerinin protein oksidasyonunu hızlandırdığı gösterilmişti [26].

Başlar ve arkadaşları, sığır eti ve tavuğun geleneksel ve ultrasonik vakumla kurutulmasını gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, ultrasonik vakumlu kurutma sırasında zaman ve enerji tüketiminde azalma olduğunu göstermiştir [27].

Cantalejo ve arkadaşları, tavuğu ozon işlemine tabi tutarak dondurarak kurutmuşlardır. Ozon ve liyofilizasyonun, depolamanın ilk ayından itibaren çoğu mikrobiyal grubun büyümesini geciktirmede geçerli olduğu gösterilmiştir. Duyusal özelliklerle ilgili olarak, ozon ve liyofilizasyonun birlikte kullanılması, çiğ tavuk göğüs etinin raf ömrünün 8 aya kadar uzatılmasında yararlı olurken, yalnızca liyofilizasyonla işlenen numuneler sadece 4 aylık bir raf ömrü gösterdi [28].

Von Gersdorff ve arkadaşları, tuzlu su, sirke ve tuz ve sirke karışımı ile daldırma işlemi sonrasında sıcak hava ile kurutma işlemi gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen veriler, sirke ve tuz karışımı ile işlem edilen numunelerin en hızlı kurutmasını göstermiştir [29].

Aykın-Dinçer ve Erbaş, sığır etini farklı tuz çözeltisi konsantrasyonlarına maruz bırakarak vakumla kurutma işlemi gerçekleştirmişlerdir. Tuz içeriğinin artmasıyla kuruma süresi azaldı. Bu sonuç, daha yüksek tuz içeriğine sahip sığır eti dilimlerinin daha fazla su kaybetmesine bağlanabilir [30].

1.2 Hipotez

Bu araştırma çeşitli hipotezleri içermektedir.

Öyle varsayılıyor;

1) mikrodalga yönteminin gücü arttıkça kuruma süresi azalır;

2) kızılötesi yöntem için sıcaklık arttıkça kuruma süresi azalır;

3) numune ön işleminin kullanılması kuruma süresini etkiler;

4) hibrit kurutma yöntemleri, yöntemlerin bir kombinasyonunun kullanılması nedeniyle, ayrı ayrı kullanılan yöntemlerden daha iyi sonuçlara yol açar;

5) iyi seçilmiş modeller yardımıyla kurutma işlemi çeşitli yöntemlerle doğru bir şekilde tanımlanabilir.

1.3 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, kurutma yöntemlerinin incelenmesi ve kıyaslamasıdır. Bu çalışmanın özgün değeri farklı kurutma yöntemlerin bıldırcın etine etkisini araştırmasıdır. Ayrıca, yöntemlerinin farklı parametreler kullanılarak kurutma sürecinin özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda, çalışma sırasında farklı modelleri uygulanarak ve kıyaslayarak, mikrodalga, kızılötesi ve dondurarak kurutma yöntemleri için en uygun modeller seçilmiştir.

2
BILDIRCIN

2.1 Bıldırcının Tanıtımı

2.1.1 Genel Bilgiler

Bıldırcın terimi, iki ailenin çeşitli cinslerine ait orta boy kuşları ifade eder: *Odontophoridae* (Yeni Dünya bıldırcını) ve *Phasianidae* (Eski Dünya türleri) [31]. Dünya çapında 20 çeşit yabani ve 70 çeşit evcil bıldırcın türü olduğu tahmin edilmektedir [32]. 14. Yüzyıldan beri evde kullanılmaya başlanan Japon bıldırcınları (*Coturnix japonica*) ve Bobwhite bıldırcınları (*Colinus virginianus*) olmak üzere iki önemli tür vardır [1]. Hem yumurtlamadaki hem de et üreten hayvan olarak kas biriktirmedeki çeşitlilikleri ve etkinlikleri nedeniyle en popüler olanlar olarak sayılır [31, 33].

Bayağı bıldırcın, 16–18 cm uzunluğunda, 32–35 cm kanat açıklığına sahip küçük, kompakt bir tavuksu kuştur. Ağırlık 70 ila 140 gram. Dişi genellikle erkekten biraz daha ağırdır. Beyaz bir göz şeridi ve erkekte beyaz bir çene ile kahverengi çizgilidir. Göçmen doğasına uygun olarak, tipik kısa kanatlı av kuşlarının aksine uzun kanatlara sahiptir (Şekil 2.1) [34].



Şekil 2.1 Bayağı bıldırcın (*Coturnix coturnix*).

2.1.2 Tarih

Hayvancılık uygulamalarında yaygın olarak kullanılan modern evcilleştirilmiş Japon bıldırcını, modern genetik çalışmalarla doğrulandığı gibi yabani Japon bıldırcınından (*Coturnix japonica*) kaynaklanmaktadır [35]. Yabani kuşları esaret altında yetiştirmek ve evcilleştirmeleri farklı şeylerdir. Mevcut literatürün analizi, yabani bıldırcınların Doğu ve Güneydoğu Asya'da eski zamanlardan beri dövüş, ötücü ve süs kuşu olarak yetiştirildiğini, gerçek evcilleştirmenin ise Japonya'da 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başına kadar çok kısa bir süre içinde gerçekleştiğini göstermiştir [33].

Mizutani'ye göre, Japon bıldırcınlarının ötücü kuşlar olarak yetiştirilmesiyle ilgili ilk yazılı tanıklıklar Japonya'da bulundu ve 18. yüzyıla kadar ulaşıyor [36], diğerleri 12. yüzyıla işaret ediyor [37]. Diğer araştırmacılar yabani bıldırcınların MÖ 770–476 yılları arasında Çin'de ötücü kuş olarak yetiştirildiğini ve daha önce kurbanlık hayvan olarak kullanıldığını göstermiştir [32]. Erkek bıldırcınlar, uzun süredir devam eden bir geleneğe göre, Asya'nın bazı bölgelerinde savaşmak için kullanılır [32, 38, 39]. Bu sporun eski Yunanlılar ve Romalılar tarafından uygulandığına dair kanıtlar da var [40]. Büyük olasılıkla, Asya bıldırcınlarının esaret altında yakalanması ve yetiştirilmesi, Çin ve Japonya'da ve muhtemelen kuşların dağıtıldığı diğer Asya ülkelerinde paralel olarak gerçekleşti. Crawford'a ve diğer araştırmacılara göre bıldırcın evcilleştirmesi 11. yüzyılda Japonya, Çin veya Kore'de meydana geldi ve genellikle o dönemde zaten evcilleştirilmiş bıldırcınların Japonya'da, Çin veya Kore'den ithal edildiği varsayılıyor [32, 41, 42, 43]. 17. yüzyıldan itibaren doğu gıda ve tıbbında Japon bıldırcın yumurtası ve etinin kullanıldığına dair yazılı tanıklıklar bulunmaktadır [44]. Howes'a göre gerçek evcilleştirme geçen yüzyılda gerçekleşti [42].

Japon bıldırcınlarının üretken bir kuş türü olarak seçilmesinin daha ciddi başarıları 1910–1941'e kadar uzanmaktadır [39]. O zamanlar, Japonya'da diğer tutsak bıldırcınlardan önemli ölçüde daha iyi yumurtlama ve et özelliklerine sahip bir popülasyon yaratıldı [45]. Bu popülasyondan bıldırcın, vahşi atalarına benzer bir görünüme sahipti, ancak daha yüksek yumurta üretimine ve kuluçka içgüdüsü eksikliğine sahipti. Türlerin amaca yönelik seçimi sayesinde yumurta üretimi önemli ölçüde arttı ve şimdi tavuklarınkine yaklaşıyor.

Uzun süreli değişken seçimi, vahşi atalardan daha fazla genetik mesafeye neden olmuştur. Farklılıklar bir dizi değişiklikle ilişkilidir – morfolojik, davranışsal ve üretken. Ana morfolojik ayrımlar, vücut büyüklüğü ve ağırlığı gibi görünümü etkiler [39, 46], tüy rengi [36, 47, 48] ve diğer fenotipik özellikler [46, 49]. Göçleri de dahil olmak üzere yabani ve evcil bıldırcın davranışları arasındaki farklılıklar fark edilmiştir [50], yuvalama [39, 46], kuluçkanma [51] ve diğer yanıtlar [46, 51]. Evcil bıldırcınlarda farklı üretken özellikler üzerinde uzun süreli seçim, yumurtlama kapasitelerini olumlu yönde etkiler [46], olgunluk [36, 52], yumurta büyüklüğü [46, 53], döllenme ve kuluçkalanabilirlik [53] yabani Japon bıldırcınındakilerle karşılaştırıldığında.

2.1.3 Perspektifler

Dünya çapında kümes hayvanları olan ihtiyaç son yıllarda sürekli olarak artmıştır. Bu nedenle, hayvanların verimliliğini artırmak için sürekli olarak yeni stratejiler aramaya yönelik çeşitli girişimlerde bulunulmuştur.

Bıldırcın, besinsel ve fizyolojik özellikleri nedeniyle dünya çapında birçok üreme araştırmasının [54] model olarak yanı sıra et ve yumurta üretiminde de kullanılan olarak tanınmaktadır [55].

2.1.3.1 Özel Yönler

Bıldırcın, hızlı metabolizma hızı, tez büyüme hızı, erken olgunluk, lezzetli et, yüksek yumurta üretim oranı (300−320 yumurta/yumurtlama döngüsü), daha düşük kuş yoğunluğu gereksinimlerine (200−250 ve 150−200 cm^2, kümes ve kafes sisteminde sırasıyla), karşılaştırılabilir yem verimliliği ancak daha düşük yem tüketimi (20–25 g/yetişkin kuş/gün), yaygın tavuk hastalıklarına karşı daha düşük duyarlılık [56, 57, 58, 59, 60] nedeniyle tavuklara uygun bir alternatif olarak görülmüştür. Bıldırcınların bakımı kolaydır, hem kuluçka süresi hem nesil aralığı kısadır (yılda 3–4 nesil) [61, 62].

2.1.3.2 Besin Faydaları

Bıldırcın eti ve yumurtasının besin değeri, zengin antioksidan, mineral ve vitamin kaynağı olması ve bize diğer besinlerden çok daha fazla besin sağlaması nedeniyle diğer et ve yumurtanın sunduğu besin değerlerinden çok daha yüksektir [63].

2.1.3.3 Karlılık

Bu avantajlar nedeniyle bıldırcın çiftçileri geleneksel tavuk çiftçilerine göre genellikle daha düşük başlangıç ekonomik yatırımına ve yatırımlarda daha yüksek maliyet–fayda oranıyla daha hızlı ve daha fazla getirilere sahiptir [64].

2.2 Nerede Tüketilir; Dünya ve Türkiye

2.2.1 Genel Bakış

Bıldırcınlar, yumurta ve et üretimi için yetiştirilen en küçük kümes hayvanı türüdür ve genellikle Asya, Avrupa, Amerika ve Avustralya'da bulunur.

Bıldırcınlar genellikle Uzak Doğu ve Asya ülkelerinde yumurta üretimi için tutulurken, Avrupa ve Amerika ülkelerinde öncelikle et üretimi için yetiştirilmektedir [65].

Dünyada her yıl yumurta ve et üretimi amacıyla 1,4 milyar bıldırcın yetiştirildiği tahmin ediliyor [66].

2.2.2 Çin

Çin bıldırcın üretimine geç başlasa da 1970'li yıllarda benzeri görülmemiş bir büyüme ve tür çeşitlemesiyle hızlı bir gelişme sağladı. Yabani bayağı bıldırcın ve yabani Japon bıldırcınının her iki çeşidi de Çin'de mevcuttur, ancak daha fazla sayıda Japon bıldırcını vardır. Dünya genelindeki bıldırcınların çoğu, dünya üretiminin yaklaşık % 20'siyle, Çin'de yetiştirilmektedir [32].

2.2.3 Avrupa Birliği

Ticari üretim için bıldırcın yetiştiriciliği dünya çapında eşitsiz bir gelişme gösterdi; örneğin İspanya, Fransa, İtalya ve Portekiz'de önemli miktarda et üretimi olurken, Hollanda ve Birleşik Krallık'ta çok az ticari üretim oldu veya hiç ticari üretim olmadı [67].

2.2.4 Amerika Birleşik Devletleri

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki (ABD) kümes hayvanları endüstrisi, arka bahçeden küçük ölçekli ve büyük ölçekli ticari üretime kadar oldukça çeşitlidir. Tavuk, bıldırcın ve diğer kümes hayvanlarını yiyecek, gelir ve hobi olarak daha küçük ölçekte yetiştirmek, ABD sakinleri arasında artan bir eğilimdir [68]. Tavuklar küçük ölçekli üreticiler arasında en yaygın kümes hayvanı olmaya devam

ederken, bıldırcın gibi diğer av kuşları artık ticari olarak et ve / veya yumurta üretimi için yetiştirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) sayım verileri, 2022 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 26 milyon bıldırcın yetiştirildi [69]. Bıldırcın yetiştirmek, daha yüksek yumurta fiyatları ve et değerleri nedeniyle tavuklara daha karlı bir alternatif olabilir. Ancak bıldırcın barınma ihtiyaçları tavuklardan farklıdır ve civcivlerin alım fiyatı daha yüksektir. Amerika Birleşik Devletleri'nde civcivlerin ortalama alım fiyatı tavuk başına 3 dolar, bıldırcın civcivinin ortalama fiyatı ise 4,25 dolar [70, 71, 72, 73, 74].

2.2.5 Ukrayna

Ukrayna'da bu endüstri nispeten yakın zamanda gelişmiştir. Bıldırcın yetiştirmeye yönelik ilk girişimler yirminci yüzyılın 60'lı yıllarının ortalarında başladı. Ülkede işletmelerin yanı sıra kişisel yan kuruluşlar ve özel çiftliklerde küçük bıldırcın çiftlikleri kurulmaya başlandı. Şu anda 100–150 bin baş bıldırcın barındıran Ukrayna'da kümes hayvanı çiftlikleri büyük kabul ediliyor ancak mevcut bıldırcın işletmeleri, önümüzdeki yıllarda canlı hayvan sayısını 300 bine çıkarmak için çabalıyor [75]. Yerli bıldırcın yetiştiriciliği halen Avrupa ölçeğinden uzak olmasına rağmen günümüzde ivme kazanmaktadır.

Ukrayna'da yılda yaklaşık 3 milyon baş bıldırcın barındırılıyor, yani toplam kuş sayısı (yaklaşık 200 milyon baş ve 500–600 milyon piliç) dikkate alındığında, çiftlik hayvanları pek inandırıcı görünmüyor. Bu arada ülkedeki kümes hayvanı endüstrisi, Ukrayna–daki bıldırcın sayısının 12 yıl içinde 20 kat arttığı 2014 yılına kadar dinamik bir şekilde gelişti. Bazı bölgelerin kaybı nedeniyle 2015 yılından bu yana bu sektörde bir düşüş yaşanıyor [66].

2.2.6 Hindistan

Hindistan'da bıldırcın yetiştiriciliği, 1974 yılında Merkez Kuş Araştırma Enstitüsü'nün Japonya'dan evcilleştirilmiş bıldırcın çeşitlerinin geliştirilmiş germplazmasını tanıttığı Ijatnagar'da başladı [76] ve ardından 1983'te Tamil Nadu'da. Bundan sonra, Kuzeydoğu Hindistan'daki Andra Pradeş, Batı Bengal, Mizoram Tarım Üniversiteleri [77] veterinerlik kolejleri ve hayvancılık bölümü, bıldırcın yetiştiriciliğinin bir çiftlik işletmesi olarak tanıtılmasında hayati bir rol oynamıştır.

Bıldırcın korunan bir tür olduğundan, ticari olarak satmak için bir devlet lisansı gereklidir. Hindistan'da, Hayvancılık, Süt Ürünleri ve Balıkçılık Dairesi, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından devredilen bu tür bir lisansın verilmesinden sorumludur. Birkaç bıldırcın lisansı zaten verilmiştir (yalnızca Maharashtra Eyaletinde 500'den fazla). Yeni Delhi'deki Çevre ve Orman Bakanlığı'na göre, Bıldırcın lisansı için tüccar veya bıldırcın çiftçisi tarafından takip edilmesi gereken bazı önemli hüküm ve koşullar vardır. Halen, Merkezden gelen yeni bir direktifin ardından, Japon bıldırcınlarını Hindistan Yaban Hayatı Koruma Yasası'nın IV. programından çıkardılar. Tamilnadu ve Karnataka'da bıldırcın yetiştiriciliği ve ticareti artık yasal. Eyalet hükümeti üç yıllık yasağı kaldırdı. Yakın zamana kadar, devlet orman bakanlığı sadece kuşu yetiştirmeyi ve satmayı yasaklamakla kalmadı, aynı zamanda onu satanları da rezerve etti [31].

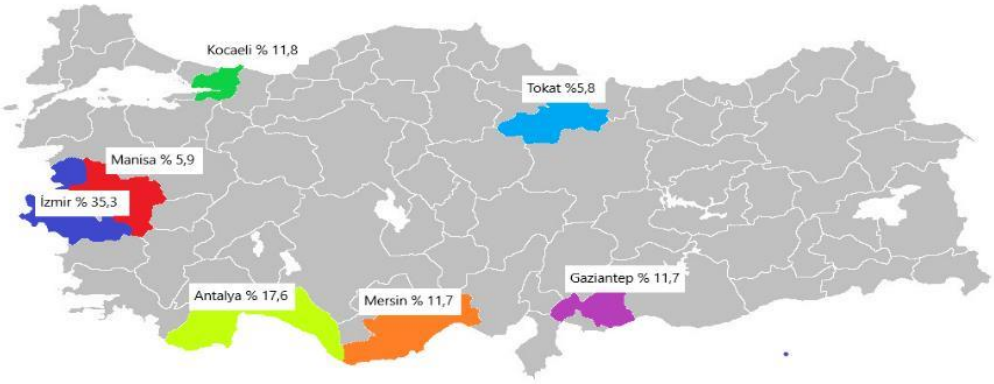
2.2.7 Türkiye

Türkiye'de, diğer kümes hayvanlarının etinin tüketimini kıyasladığında, bıldırcın eti o kadar yaygın değildir. Çoğu zaman sporcu, diyet yapan insanlar arasında yaygın olup, aynı zamanda da restoranlar ve otellerde servis ediliyordur.

Çoğu durumda bıldırcın yetiştiriciliği küçük çiftliklerde yapılmaktadır. Çoğu çiftlik, bıldırcın yetiştirme amacına bakılmaksızın (kesim için veya yumurta için) tavuk yemi kullanırdır (Şekil 2.2).

İstatiskilere göre, 2105 ila 2018 yıllar arasında bıldırcın eti üretimi artıyordu. TÜİK tarafından yayınlanan bıldırcın eti üretimine ait raporu en son 2019 yılında dunya görmüştür ve ona göre 2019 yılında bıldırcın eti 80 ton olup, 2018 yılına göre 53 tona düşmüştü.

Türkiye'de ticari etlik bıldırcın yetiştiriciliği yapan işletmelerin sayısı da son yıllarda artmakta olup, Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü verilerine göre 2020 yılında 26 işletme mevcuttur [78]. 45 günde kesim olgunluğuna ulaşan bıldırcının porsiyon ağırlığı 130–150 gram'dır. Bıldırcının satış fiyatı 40–60 TL/adet'tir.



Şekil 2.2 Bıldırcın eti üretimini sağlayan iller (TEPGE, 2021).

2.3 Besin Değerleri ve Faydaları

2.3.1 Besin Değerleri

Bıldırcın etinin protein içeriği (%19,6) tavuk etinden (%18,5) ve ördek etinden (%11,5) daha yüksektir. Bıldırcın etinin kalori değeri 192 gr kcal/100 et, tavuk etinin kalori değeri 215 gr kcal/100, ördek eti ise bıldırcın etinin iki katı (404 gr kcal/100 et) kalori değerine sahiptir. Bıldırcın etinin yağ içeriği (12,1 mg/100 g et), tavuktan (15,1 mg/100 g et) ve ördeğe (39,3 mg/100 g et) göre düşüktür [79].

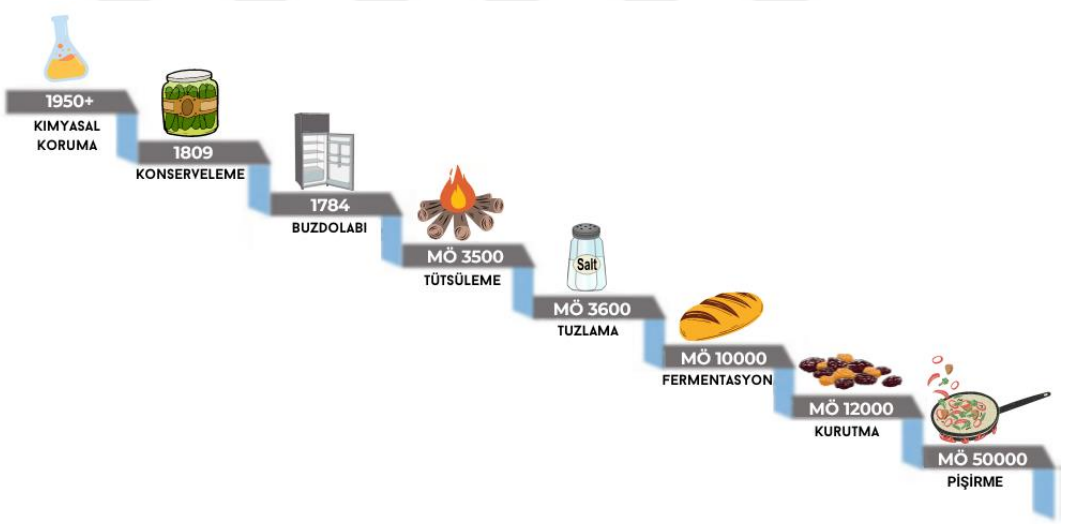
2.3.2 Mikro ve Makroelementleri

Ancak bıldırcın eti en yüksek miktarda Omega 3 yağ asidine sahiptir. Ayrıca bıldırcın eti, tavuk (140 UI/100 gr et) ve ördek (168 UI/100 gr et) ile karşılaştırıldığında yüksek miktarda A vitamini (243 UI/100 gr et) ve C vitamini (6,1/100 mg) içerir (1,6 mg /100 gr tavuk eti ve ördek eti 2,8 mg/100 gr). Bıldırcın eti çok yüksek miktarda demir (4 mg/100 g et, tavuk eti için 0,9 mg/100 g ve 2,4 mg/100 g ördek ile karşılaştırıldığında), fosfor (275 mg/100 g, tavuk ise 147 mg/100 g ve ördek eti 139 mg/100 g) ve çinko (2,4 mg/100 g) gibi elementlere sahiptir [79].

3
KURUTMA

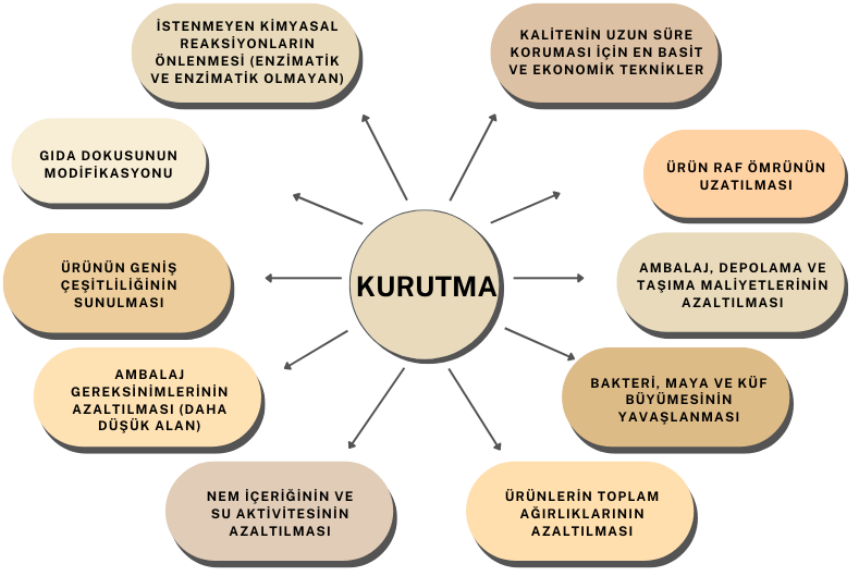
3.1 Muhafaza Yöntemleri

Etin ve yiyeceğin kendisinin hızlı bozulan bir ürün olduğu iyi bilinmektedir, bu yüzden onları koruma yöntemleri bulmak insanların önemli bir nokta idi. Bu, daha sonra gıda endüstrisi haline gelen ve pek çok fayda sağlayan sektörün gelişimindeki ilk itici güçlerden biriydi. Muhafaza eski zamanlardan beri bilinmektedir. M.Ö. 12.000'de en basit güneşte kurutma ile başlayan, yıllar geçtikçe, ilk olarak yaklaşık M.Ö. 10.000'de fermantasyon, ardından M.Ö. 3600'de tuzlama ve kürleme, tütsüleme (M.Ö.3500), 1784'te buzdolabının icat edilmesi, 1809'da konserveleme ve 1950'lerde kimyasal muhafaza yöntemiyle ile geliştirildi (Şekil 3.1) [80].



Şekil 3.1 Gıda muhafazasında gelişme (Joardder & Masud, 2019).

Yıllar geçtikçe bu yöntemler daha verimli hale gelir, ancak kurutma hala en verimli yöntemlerinden biri ve gıda kalitesini koruyan yöntem olarak kabul edilir (Şekil 3.2) [81].



Şekil 3.2 Gıda kurutmanın faydaları (Kian-Pour, 2020).

3.2 Kurutma

3.2.1 Genel Bilgiler

Günümüzde gıdaları bozulmadan koruma yöntemi olarak kurutma, yaygın muhafaza yöntemlerinden biridir. Kurutma, ısı ve kütle transferi olaylarını aynı anda içeren karmaşık bir süreçtir [82]. Kurutulmuş gıdalar, su eksikliği nedeniyle uzun raf ömrüne sahiptir çünkü farklı mikroorganizmalar uygun şekilde üreyemez. Kurutma, suyun gıdadan uzaklaştırılmasını içerdiğinden, doğal koruma sistemlerinden biri olarak düşünülebilir. Eşitliğe ulaşmak için nem içeriği yüksek olan gıdalardan fazla su atmosfer tarafından alınır. Kurutma yöntemi kendi içerisinde çeşitli türlere ayrılmaktadır.

3.2.2 Güneşte Kurutma

Güneşte kurutma, birçok ürün türünü kurutmak için kullanılan ve hala kullanılan en eski geleneksel kurutma yöntemidir. Besinlerin açık güneş ışığına ve rüzgara doğrudan maruz kalmasıdır. Ancak hava şartlarına bağlıdır ve aynı zamanda kontaminasyon riski de yüksektir [81, 83].

3.2.3 Güneş Enerjisi Destekli Kurutma

Güneşte kurutmanın iyileştirilmesine yönelik son çabalar, solar kurutmaya yol açmıştır. Güneş enerjisiyle kurutma aynı zamanda ısı kaynağı olarak güneşi

kullanır. Güneş enerjili kurutuculara örnek olarak oda tipi, baca tipi ve rüzgarla havalandırılan kurutucular gösterilebilir. Güneş enerjisiyle kurutmanın dolaylı yönteminde ısı üretmek için güneş sistemi kullanılır ve bu, ürünü ısıtan hava akışı yoluyla kurutulacak gıdalara yönlendirilir. Kurutucunun içindeki folyo yüzey sıcaklığın artmasına yardımcı olur. Havalandırma kurutma süresini hızlandırır. Daha kısa kurutma süreleri gıdanın bozulma veya küflenme riskini azaltır [84, 85].

3.2.4 Sıcak Hava Kurutma

Sıcak hava kurutma (HAD), tarımsal ürünleri ve gıda maddelerini gıda endüstrisinde korumak için yaygın olarak kullanılan geleneksel bir yöntemdir. İşlem, ürünlerden nemin ısı transferi yoluyla uzaklaştırılması için maruz bırakılan sürekli bir sıcak hava akışı olarak belirlenmiştir.

Bu teknoloji, ürünlerin raf ömrünü uzatmaya, mikrobiyal bozulmayı ve istenmeyen kontaminasyon reaksiyonlarını önlemeye yardımcı olan, toksik olmayan, zararsız ve maliyet etkin bir kurutma işlemidir. Ayrıca, ambalaj, depolama ve taşıma maliyetlerini azaltmaya da yardımcı olur [81, 85].

3.2.5 Kızılötesi Kurutma

Kızılötesi kurutma, ısıtma gücünden kaynaklanan kızılötesi ışınların, ıslak bir gıdanın çok derinliklerine nüfuz edebildiği ve onun sıcaklığını artırabildiği bir yöntemdir. Bundan sonra, örnek içindeki nem difüzyon hızındaki artışlar suyun buharlaşmasına neden olur. Geleneksel kurutma yöntemleriyle karşılaştırıldığında, IR kurutmanın üstün enerji verimliliği, yüksek ısı transfer hızı ve ürünün homojen ısınması gibi avantajları bulunmaktadır [86, 87]. Bu yöntemdeki kısa kurutma süresi, meyve ve sebzeler gibi ısıya duyarlı malzemeler için uygun hale getirir [86, 87, 88, 89].

3.2.6 Mikrodalga Kurutma

Mikrodalga, hem elektrik hem de manyetik alanlarla uzaya yayılabilen elektromanyetik radyasyondur. Mikrodalga ısıtma, enerjinin elektromanyetik radyasyon tipinden termal tipe değiştirilmesiyle yapılır. Gıdaya nüfuz eder ve malzemenin sıcaklığını hacimsel olarak arttırır, bu da gıda malzemelerinin içindeki difüzyon ve basınç gradyanlarının artmasına neden olur. Mikrodalga yöntemlerinde ısıtma iki yöntemle gerçekleşir; dipolar yeniden yönlendirme ve iyonik iletim [81].

3.2.7 Dondurarak Kurutma

Liyofilizasyon veya kriyodesikasyon olarak da bilinen dondurarak kurutma, tipik olarak bozulabilir bir malzemeyi korumak veya malzemeyi taşıma için daha uygun hale getirmek için kullanılan bir dehidrasyon işlemidir. Dondurarak kurutma, malzemeyi dondurarak ve ardından malzemedeki donmuş suyun doğrudan katı fazdan gaz fazına süblimleşmesine izin vermek için çevre basıncını azaltarak çalışır [84].

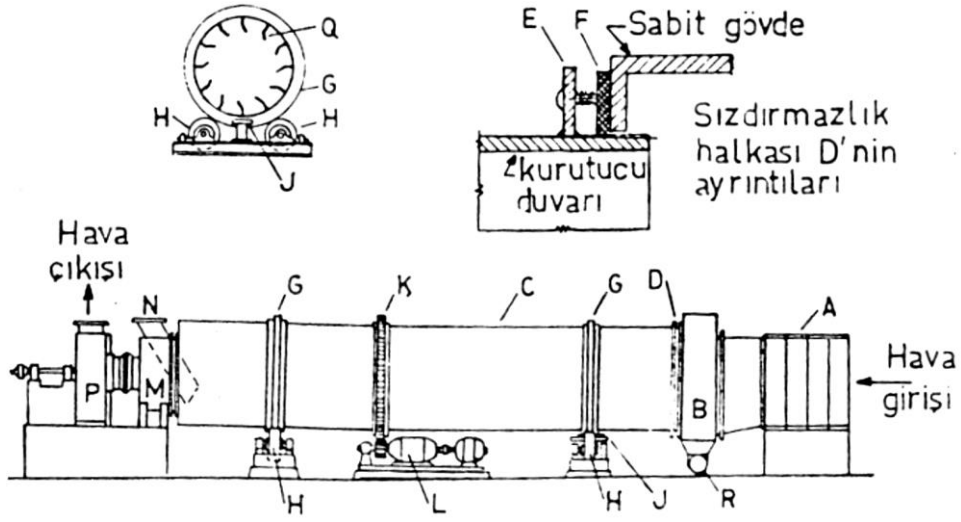
3.2.8 Hibrit Yöntemleri

Hibrit kurutma teknolojisi, sinerjik bir etki sunabilen, tat, besin maddeleri, renk, aroma, doku vb. gibi kalite özelliklerinin çoğunu korurken enerji talebini ve kurutma süresini kısaltan iki veya daha fazla farklı kurutma işleminin birleşimidir [90]. Optimize edilmiş kombine ve hibrit kurutma tekniklerinin düşük spesifik enerji tüketimine sahip olduğu kanıtlanmıştır [91]. Farklı kurutma yöntemlerinin avantajlarını birleştirmek ve her bir kurutma yönteminin sınırlamalarını en aza indirmek için birleşik bir kurutma tekniği oluşturulmalıdır [92]. Örneğin, kızılötesi, mikrodalga ve morötesi destekli kurutma gibi elektromanyetik alan destekli kurutma tekniklerinin çoğunun, enerji tüketiminde önemli tasarruf sağlayarak kurutulmuş ürünlerin kalitesini arttırdığı ve çevresel etkiyi azalttığı rapor edilmiştir [93, 64]. Uygun kurutma teknolojisinin seçimi kurutulacak ürünün özelliklerine bağlıdır. Hibrit kurutma teknolojileri, geleneksel kurutma yöntemlerinin dezavantajlarının üstesinden gelmek ve ürün bozulmasını en aza indirmek ve buna rağmen istenen artık nem içeriğine sahip bir ürün üretmek için desteklenmektedir [95].

3.3 Kurutucu Cihazlar

3.3.1 Döner Kurutucular

Ürün, döner silindir içinde hem iletilir hem de silindirin alt yüzeyine serbestçe düşer (Şekil 3.3) [96].

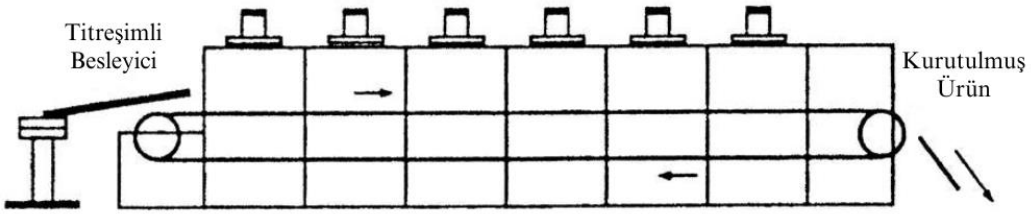


Şekil 3.3 Döner kurutucu (Mirza, 2006).

A – hava ısıtıcısı, B – sabit başlık, C – kurutucu gövdesi, D – sızdırmazlık halkası, E – sızdırmazlık halkası dayanağı, F – sızdırmazlık parçası, G – çemberler, H – dayanma silindirleri, J – güvenlik (saplama) silindirleri, K – döndürme dişlileri, L – motor ve hız düzenleyici, M – hava çıkış başlığı, N – besleme oluğu, P – boşaltma vantilatörü, Q – kanatlar

3.3.2 Bantlı Kurutucular

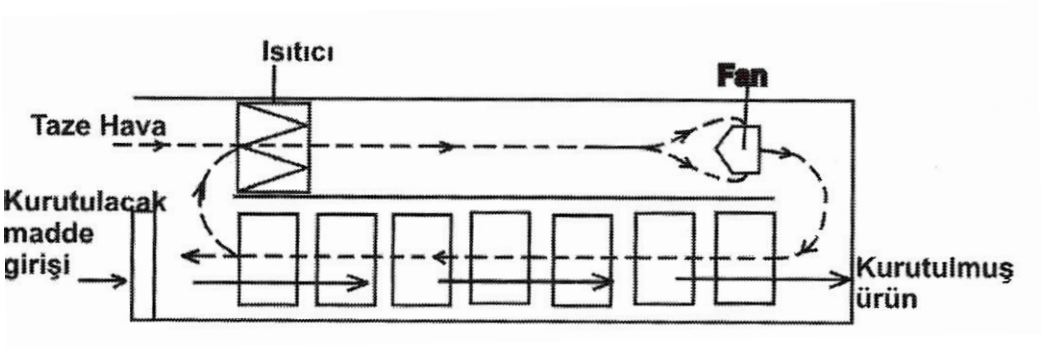
Bu tür kurutuculardа ürün sürekli bir taşıma bandı üzerinde kurutucu içinde hareket ederken sıcak kurutma hava tarafından kurutulur (Şekil 3.4) [96].



Şekil 3.4 Bantlı kurutucu (Mirza, 2006).

3.3.3 Tünel Kurutucular

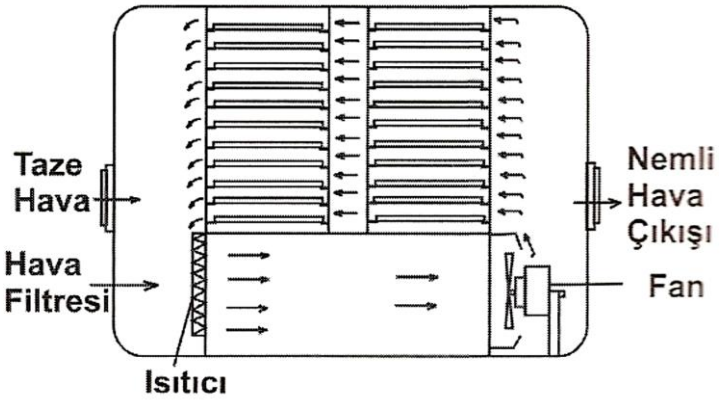
Tünel kurutucular, arabalı tepsi kurutucuların sürekli kurutma işlemi sağlayan bir türüdür. Uzun kurutma tüneli içine yerleştirilen ve ayarlanabilir bir hızda hareket eden bant üzerindeki arabalara tepsi yerleştirilir. Isıtılmış hava, ardı ardına yerleştirilmiş sevkedici fanlar tarafından belirli bir hızla ilerleyen arabalara iletilir. Havanın giriş yönü genellikle ürünün hareket yönünün tersindedir (Şekil 3.5) [97].



Şekil 3.5 Tünel kurutucu (Öz, 2009).

3.3.4 Kurutma Dolapları

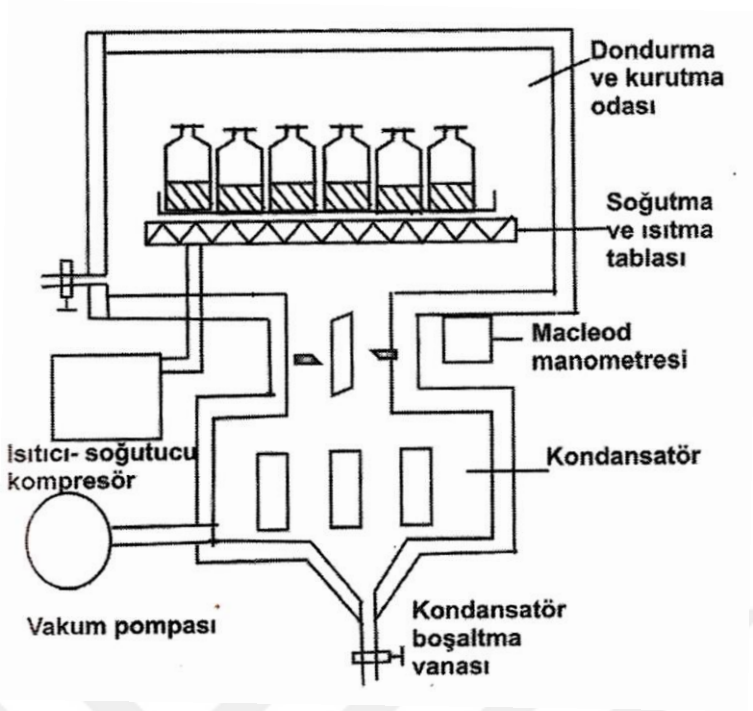
Kurutulacak madde, delikli veya elekli tepsilere veya raflara belirli bir yükseklikte koyulur. Isı enerjisi, malzemeye doğrudan kuru sıcak hava ile iletilir veya rafların ısıtılması veya dolaylı olarak kızılötesi ışınımlarıyla aktarılır (Şekil 3.6) [97].



Şekil 3.6 Kurutma dolabı (Öz, 2009).

3.3.5 Dondurarak Kurutucular (Liyofilizatör)

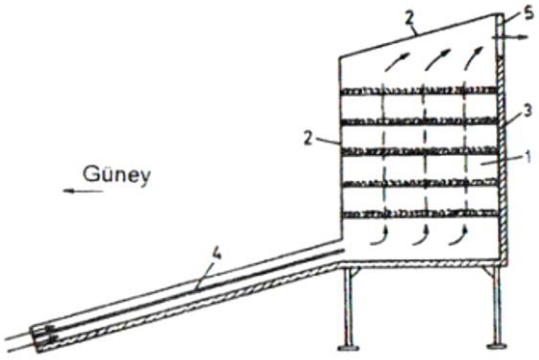
Liyofilizatör, temel olarak üç bölümden oluşmaktadır: dondurma ve kurutma odası, kondansatör ve vakum pompası. Ayrıca, cihazın soğutma ve ısıtma işlemlerini sağlayan kompresör ve ısıtıcılar da bulunmaktadır. Liyofilizasyon işlemi, kurutma işlemi iki aşamada gerçekleştirilir (Şekil 3.7) [97].



Şekil 3.7 Liyofilizatör (Öz, 2009).

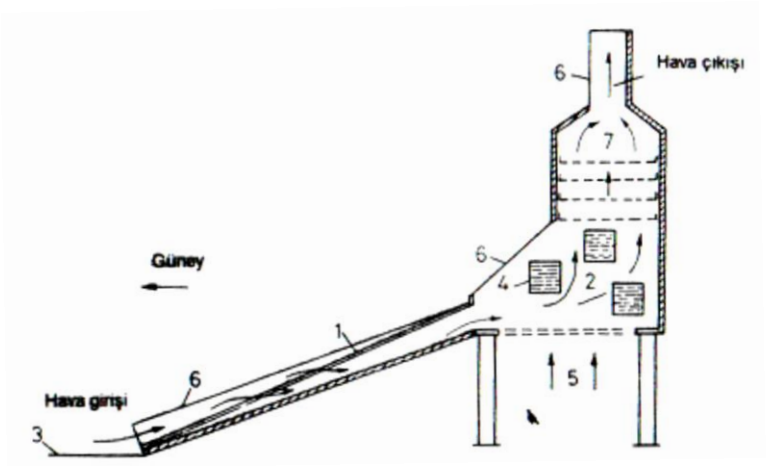
3.3.6 Güneş Enerjili Doğal Kurutucu

Bu tür kurutucular, herhangi bir ek enerji kaynağına ihtiyaç duymadıkları için kırsal alanlarda kolaylıkla kullanılabilir. Güneş enerjili doğal kurutucular, pasif ve aktif kurutucular olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Pasif tipler arasında güneş kabinleri, çadırlar veya sera kurutucuları; aktif tipler arasında ise güneş pilleri veya rüzgar enerjisiyle çalışan fanlar bulunmaktadır (Şekil 3.8, 3.9) [98].



Şekil 3.8 Raflı tip pasif sistem güneşle kurutucu (Yağcıoğlu, 1999).

1 – raf, 2 – örtü (PE), 3 – yalıtım, 4 – güneş kolektörü, 5 – hava çıkışı



Şekil 3.9 Isı deposu olan bacalı–raflı pasif sistem güneşle kurutucu (Yağcıoğlu, 1999).

1 – güneş kolektörü, 2 – ısı depolama hacmi, 3 – yansıtıcı yüzey, 4 – ısı deposu su dolu variller, 5 – gece hava giriş kesiti, 6 – şeffaf örtü, 7 – ürün rafları

3.4 Ön İşlem Yöntemleri

Bazı kurutma yöntemleri çok emek gerektirir, çok zaman alır ve büyük miktarda enerji tüketir. Bu nedenle, bazı kurutma işlemleri, enerji ve zaman kayıplarını önlemeye yardımcı olan bazı ön işlem yöntemleri ile birlikte kullanılabilir.

3.4.1 Haşlama

Haşlama, dondurulmadan, konservelenmeden veya kurutulmadan önce, sıkışan havanın çıkarılması ve dokuyu değiştirmek (renk, tat ve besin değerini korumak) amacıyla farklı gıdaların ısıtıldığı bir ünite işlemidir. Sıcak su ve buhar, endüstride haşlama için en yaygın kullanılan ısıtma ortamıdır, ancak mikrodalga ve sıcak gazlı haşlama da incelenmiştir. Haşlama basit bir işlem gibi görünse de, taşınan ürün yatağına ısı transferini ve bunun ürün özellikleri üzerindeki etkilerini tahmine dayalı matematikle doğru bir şekilde modellemek çok zordur. Belirli bir ürün için genellikle kütle akış hızı sabittir, sıcaklık ölçülür ve sıcaklığın ayar noktasında tutulmasını sağlamak için ısıtma ortamı akış hızı ayarlanır [99].

3.4.2 Tuzlama

Tuzlamanın geleneksel gıda koruma sistemlerinin çoğundan çok daha uzun bir geçmişi olduğu bilinmektedir. Hatta tuzlama, tarihi kayıtlardan beri etin birincil muhafaza yöntemi olarak kullanılmıştır. Sümerler M.Ö. 3000 yıllarında balıktan

yağa, etten arpaya, buğdaya kadar her türlü besini muhafaza ediyorlardı [100]. Demir Çağı'nda Kuzey Avrupa ve Roma halkları yiyecekleri tuz kullanarak muhafaza ediyorlardı [101]. Eski Mezoamerika halkı yiyecekleri tuzla muhafaza ederdi. Dünyanın çeşitli yerlerinde insanlar küçük yaşlardan itibaren gıdaların muhafazasında tuzlamayı uygulamaktadır. Hatta Newfoundland gibi bazı eyaletler bile balıkların tuzlanması nedeniyle kolonileştirildi.

Kısaca insanlar tuzu genellikle balık ve etleri tuzun bulunmasından ve kurutucu benzeri maddelerden korumak için kullandılar. Üstelik tuzlama işleminin çok basit ve anlaşılır bir yapıya sahip olması, onu tarih boyunca dünya çapında yaygınlaştırmıştır [80].

3.4.3 Ultrason

Ultrason (US), gıda işleme ve korumasında umut verici etkilere sahip olması nedeniyle gıda endüstrisinde giderek daha fazla uygulanmaktadır [102]. Uygulanan ultrason aralığı iki alt sınıfa ayrılabilir: düşük yoğunluklu tanısal ultrason (5-10 MHz) ve yüksek yoğunluklu güç ultrasonu (20–100 kHz aralığı) [103, 104].

Güç ultrasonunun gıda endüstrisinde uygulanmasının iki nedeni vardır, bunlar sırasıyla geleneksel işleme teknolojilerini değiştirme ve geleneksel gıda işlemlerine yardımcı olmasıdır. İkinci durumda, işleme verimliliği artırılır ve geleneksel gıda işleme teknolojilerinin dezavantajları iyileştirilir [105, 106, 107].

3.4.4 Ozmotik Dehidrasyon

Ozmotik dehidrasyon karmaşık bir dinamik kütle transfer sürecidir. Gıda numunelerinin yüksek ozmotik çözeltiye konulmasıyla, malzemelerin hücrelerindeki su, yüksek ozmotik basınç ve ozmotik çözeltinin düşük su aktivitesi nedeniyle hücre zarından ozmotik çözeltiye nüfuz eder. Bu ozmotik dehidrasyon işlemi numunelerin su içeriğini % 50 oranında azaltabilir. Ozmotik dehidrasyon, termal kurutmadan daha ekonomik olduğundan, genellikle biyolojik materyallerin kurutulmasında bir ön işlem olarak kullanılır.

Ozmotik dehidrasyon işlemi, ozmotik çözeltinin konsantrasyonu ve sıcaklığından, ozmotik maddenin tipinden, biyomateryalin boyutundan ve karıştırma yoğunluğundan vb. etkilenir [108].

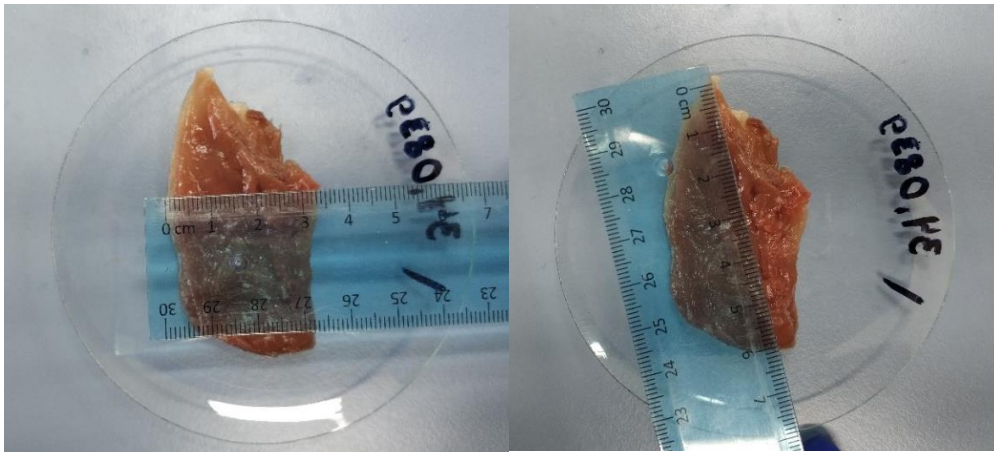
4
DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu araştırma sırasında 4 yöntem uygulandı; mikrodalga (140, 210, 350 W), kızılötesi (60, 70, 80 ℃), dondurarak (-50 ℃, 0.1 Pa) kurutma ve hibrit yöntemleri (FD + MW 210 W, MW 210 W + FD, MW 210 W + IR 70 ℃, IR 70 ℃ + MW 210 W, FD + IR 70 ℃, IR 70 ℃ + FD).

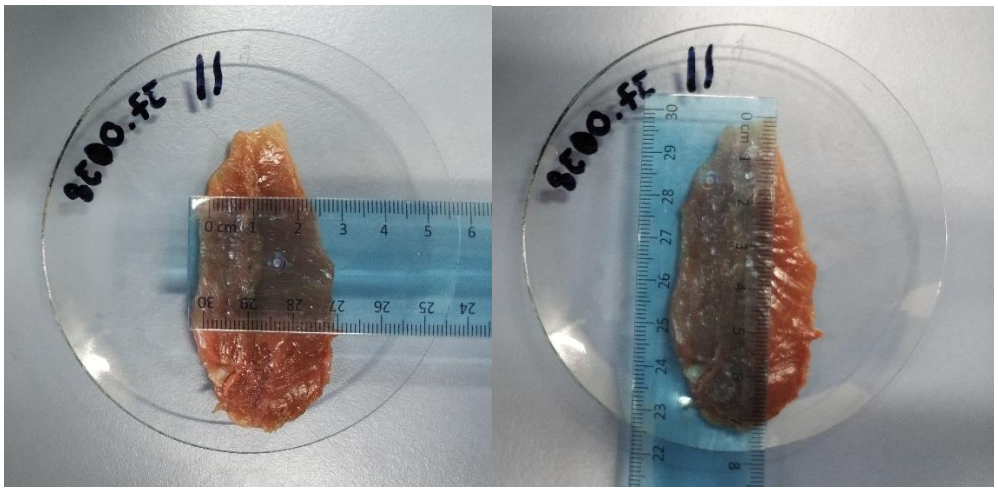
Ayrıca FD ile deneyler hem ön işlemsiz hem ön işlem kullanılarak gerçekleştirilmiştir; tuzlu suda haşlama. Tuzun konsantresi % 10 ve % 20 olarak seçilmiştir. Haşlama bir dakika boyunca devam ediliyordu.

4.1 Materyaller ve Numune Hazırlaması

Coturnix coturnix, Mart 2023'te Türkiye'deki büyük bir zincir marketten satın alınmış ve -18 ℃ sıcaklıktaki dondurucuda muhafaza edilmiştir. Deneylerden bir gece önce bıldırcınlar alındı ve donmasının çözülmesi için 4 °C'lik buzdolabında saklandı. Numune alınmadan önce bıldırcının derisi yüzüldü. Nem tayini sırasında 4 tane numune hazırlandı; 2 tane göğüs ve 2 tane but numunesi. Numuneler hazırlanırken ve nem tayini sonuçlarına göre deneyler için en uygun numune olarak göğüs eti seçilmiştir. Uzunluğu 6 ila 7 cm, genişliği 2,5 ila 3 cm ve kalınlığı 0,5 cm olan paralel numuneler ince tabaka halinde kesilerek numuneler Radwag AS 220.R2 (Radwag, Radom, Polonya) dijital terazi kullanılarak 10,0 ± 0,5 g olarak tartıldı (Şekil 4.1).



a



b

Şekil 4.1 Nem tayininde kullanılan gögüs numuneleri;
a – birinci numune, b – ikinci numune;
sol – en, sağ – boy.

4.2 Deneysel Yöntemler ve Ekipmanlar

4.2.1 Nem Tayini

Deneyler sırasında öncelikle nem tayini gerçekleştirilmiştir. Deneyler genellikle laboratuvar uygulamalarında kullanılan Nuve EV-018 model (Nüve, Ankara, Türkiye) fırın kullanılmıştır (Şekil 4.2).

Numunelerin nem içeriğini belirlemek için yapılan deneyler sırasında sonuçlar elde edildi. Sonraki deneyler için numunelerin nem tayini sonuçlarının aritmetik ortalamasının değeri hesaplandı. Elde edilen veriler Tablo 4.1'de sunulmaktadır.

Ortalama nem içeriği, 105 °C'de 3 saat boyunca cebri konveksiyonlu fırın kurutucusu kullanılarak belirlenmiş ve ıslak bazda % 73,25 olduğu ve kuru bazda 2,7381 kg su/kg kuru maddeye karşılık geldiği bulunmuştur.



Şekil 4.2 Nuve EV-018 fırını.

Tablo 4.1 Nem taiyni sonuçları ve ortalaması.

Numune No.	İlk ağırlık, g	Son ağırlık, g	Kuru, %	Nem, %	kg W / kg DM
1	10,0973	2,7005	26,74	73,26	2,7390
2	10,1436	2,7143	26,76	73,24	2,7371
Ortalama	10,1205	2,7074	26,75	73,25	2,7381

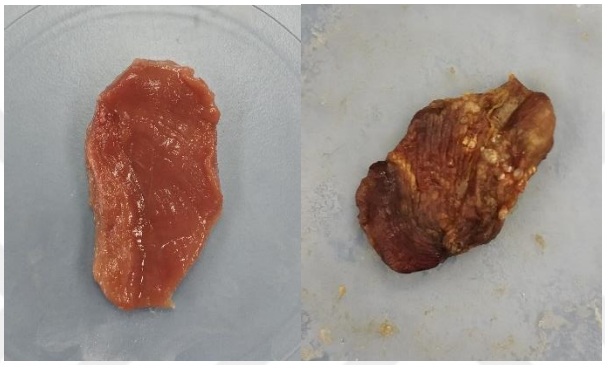
4.2.2 Mikrodalga Kurutma

Mikrodalga kurutma için 140, 210 ve 350 W enerji seviyelerinde ev tipi Delonghi MW205S mikrodalga fırın (Delonghi, Treviso, İtalya) kullanıldı (Şekil 4.3). Numuneler 140 W seviyesinde mikrodalga fırından çıkarılarak 60 saniye aralıklarla tartıldı. 210 ve 350 W enerji seviyelerinde ise her 30 saniyede bir tartılarak not edildi.



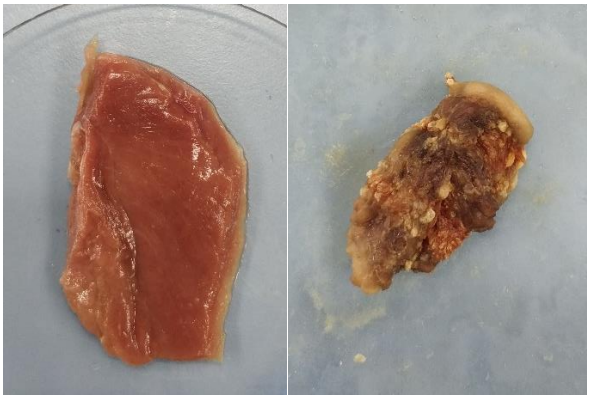
Şekil 4.3 Delonghi MW205S mikrodalga fırın.

Mikrodalga kurutma deneylerin numuneleri öncesi ve sonrasının görselleri Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da gösterilmektedir.



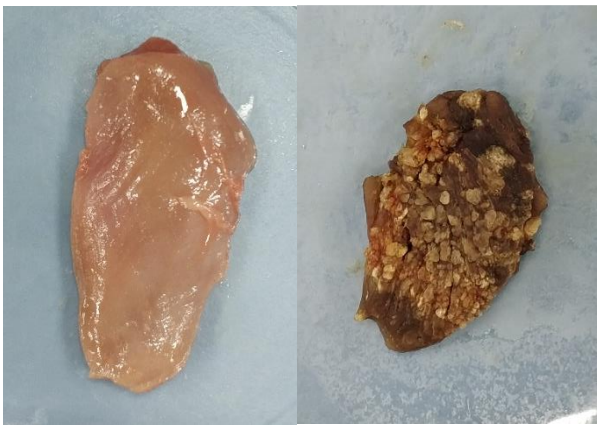
a **b**

Şekil 4.4 Mikrodalga kurutma 140 W enerji seviyesinde kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – deney sonrası.



a **b**

Şekil 4.5 Mikrodalga kurutma 210 W enerji seviyesinde kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – deney sonrası.



a **b**

Şekil 4.6 Mikrodalga kurutma 350 W enerji seviyesinde kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – deney sonrası.

Mikrodalga kurutma deneyleri sırasında elde edilen veriler Tablo 4.2'de sunulmaktadır.

Tablo 4.2 Mikrodalga kurutma deneylerin sonuçları.

350 W					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0,00	10,0422	2,7381	0,0000	1,0000	0,0000
0,50	8,9375	2,3269	0,8224	0,8498	-0,1627
1,00	7,5073	1,7945	1,0647	0,6554	-0,4225
1,50	6,0829	1,2643	1,0604	0,4617	-0,7728
2,00	4,8718	0,8135	0,9016	0,2971	-1,2137
2,50	3,9595	0,4739	0,6792	0,1731	-1,7541
3,00	3,3904	0,2620	0,4237	0,0957	-2,3466

Tablo 4.2 Mikrodalga kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

3,17	3,2493	0,2095	0,3151	0,0765	-2,5703
3,33	3,1422	0,1696	0,2392	0,0619	-2,7813
3,50	3,0813	0,1470	0,1360	0,0537	-2,9248
210 W					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0,0	10,3834	2,7381	0,0000	1,0000	0,0000
0,5	9,4653	2,4075	0,6610	0,8793	-0,1286
1,0	8,3466	2,0048	0,8055	0,7322	-0,3117
1,5	7,1764	1,5835	0,8426	0,5783	-0,5476
2,0	6,1475	1,2131	0,7408	0,4431	-0,8141
2,5	5,2835	0,9021	0,6221	0,3295	-1,1103
3,0	4,6281	0,6661	0,4719	0,2433	-1,4135
3,5	4,1254	0,4852	0,3619	0,1772	-1,7305
4,0	3,7811	0,3612	0,2479	0,1319	-2,0255
4,5	3,5519	0,2787	0,1650	0,1018	-2,2849
5,0	3,3909	0,2207	0,1159	0,0806	-2,5180
5,5	3,2804	0,1810	0,0796	0,0661	-2,7167

Tablo 4.2 Mikrodalga kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

6,0	3,2033	0,1532	0,0555	0,0560	-2,8833
6,5	3,1594	0,1374	0,0316	0,0502	-2,9921
140 W					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0	10,53	2,7381	0,0000	1,0000	0,0000
1	9,4771	2,3643	0,3738	0,8635	-0,1468
2	7,9768	1,8317	0,5326	0,6690	-0,4020
3	6,5753	1,3342	0,4975	0,4873	-0,7189
4	5,4208	0,9243	0,4098	0,3376	-1,0859
5	4,6207	0,6403	0,2840	0,2339	-1,4531
6	4,0776	0,4475	0,1928	0,1634	-1,8113
7	3,7326	0,3250	0,1225	0,1187	-2,1310
8	3,5213	0,2500	0,0750	0,0913	-2,3934
9	3,3885	0,2029	0,0471	0,0741	-2,6023
10	3,3051	0,1733	0,0296	0,0633	-2,7601
11	3,2519	0,1544	0,0189	0,0564	-2,8755
12	3,2258	0,1451	0,0093	0,0530	-2,9373

Tablo 4.2 Mikrodalga kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

13	3,2099	0,1395	0,0056	0,0509	-2,9770
14	3,2038	0,1373	0,0022	0,0502	-2,9927
15	3,2001	0,1360	0,0013	0,0497	-3,0023

Görüldüğü gibi, 350 W seviyesinde gerçekleşen kurutma deneyi 3,5 dakikada gereken kuru madde seviyesine ulaşmıştır. 210 W enerjide 6,5 dakikada, 140 W seviyede ise hedefleyen kuru madde miktarına 15 dakika süresinde ulaşması gerçekleştirilmiştir.

Etler numune torbalarına konularak nemlenmesini önlemek amacıyla desikatörde muhafaza edildi.

4.2.3 Kızılötesi Kurutma

Kızılötesi deneyler için Radwag MA 50.R nem analiz cihazı kullanıldı (Şekil 4.7). Bu deneylerde kurutma sıcaklıkları 60 °C, 70 °C ve 80 °C olarak seçilmiştir. Her numunenin ağırlığı çalışma başlangıcında ve çalışma sırasında her 15 dakikada bir tartılarak not edilmiştir. Kurutma tamamlandıktan sonra tüm numuneler tartıldı ve not edildi.



Şekil 4.7 Radwag MA 50.R nem analiz cihazı.

Kızılötesi kurutma deneylerin numuneleri öncesi ve sonrasının görselleri Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10'da gösterilmektedir.



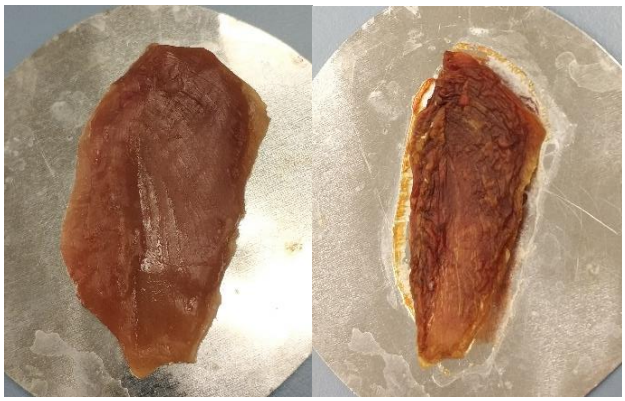
a **b**

Şekil 4.8 Kızılötesi kurutma 60 °C sıcaklıkta kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – deney sonrası.



a **b**

Şekil 4.9 Kızılötesi kurutma 70 °C sıcaklıkta kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – deney sonrası.



a **b**

Şekil 4.10 Kızılötesi kurutma 80 °C sıcaklıkta kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – deney sonrası.

Kızılötesi kurutma deneyleri sırasında elde edilen veriler Tablo 4.3'te sunulmaktadır.

Tablo 4.3 Kızılötesi kurutma deneylerin sonuçları.

60°C					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0	10,5080	2,7381	0,0000	1,0000	0,0000
15	9,8161	2,4919	0,0164	0,9101	-0,0942
30	9,1468	2,2538	0,0159	0,8232	-0,1926
45	8,5829	2,0533	0,0134	0,7499	-0,2878
60	8,0955	1,8799	0,0116	0,6866	-0,3761
75	7,6717	1,7291	0,0101	0,6315	-0,4597
90	7,3015	1,5974	0,0088	0,5834	-0,5389
105	6,9745	1,4811	0,0078	0,5409	-0,6145

Tablo 4.3 Kızılötesi kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

120	6,6797	1,3762	0,0070	0,5026	-0,6879
135	6,4105	1,2804	0,0064	0,4676	-0,7600
150	6,1637	1,1926	0,0059	0,4356	-0,8311
165	5,9397	1,1130	0,0053	0,4065	-0,9002
180	5,7264	1,0371	0,0051	0,3788	-0,9708
195	5,5286	0,9667	0,0047	0,3531	-1,0411
210	5,3413	0,9001	0,0044	0,3287	-1,1125
225	5,1677	0,8383	0,0041	0,3062	-1,1836
240	5,0062	0,7809	0,0038	0,2852	-1,2546
255	4,8588	0,7284	0,0035	0,2660	-1,3241
270	4,7187	0,6786	0,0033	0,2478	-1,3950
285	4,5841	0,6307	0,0032	0,2304	-1,4681
300	4,4612	0,5870	0,0029	0,2144	-1,5400
315	4,3435	0,5451	0,0028	0,1991	-1,6140
330	4,2326	0,5057	0,0026	0,1847	-1,6891
345	4,1333	0,4704	0,0024	0,1718	-1,7615
360	4,0369	0,4361	0,0023	0,1593	-1,8372

Tablo 4.3 Kızılötesi kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

375	3,9488	0,4047	0,0021	0,1478	-1,9118
390	3,8614	0,3736	0,0021	0,1365	-1,9917
405	3,7845	0,3463	0,0018	0,1265	-2,0678
420	3,7107	0,3200	0,0018	0,1169	-2,1466
435	3,6389	0,2945	0,0017	0,1076	-2,2298
450	3,5709	0,2703	0,0016	0,0987	-2,3155
465	3,5095	0,2485	0,0015	0,0907	-2,3998
480	3,4501	0,2273	0,0014	0,0830	-2,4886
495	3,3929	0,2070	0,0014	0,0756	-2,5824
510	3,3389	0,1878	0,0013	0,0686	-2,6798
70°C					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0	10,676	2,7381	0,0000	1,0000	0,0000
15	9,81	2,4349	0,0202	0,8893	-0,1174
30	9,0339	2,1631	0,0181	0,7900	-0,2357
45	8,36406	1,9286	0,0156	0,7044	-0,3505
60	7,7877	1,7268	0,0135	0,6307	-0,4610

Tablo 4.3 Kızılötesi kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

75	7,2882	1,5519	0,0117	0,5668	-0,5678
90	6,8425	1,3958	0,0104	0,5098	-0,6738
105	6,4492	1,2581	0,0092	0,4595	-0,7776
120	6,1027	1,1368	0,0081	0,4152	-0,8790
135	5,7868	1,0262	0,0074	0,3748	-0,9814
150	5,5044	0,9273	0,0066	0,3387	-1,0827
165	5,2358	0,8333	0,0063	0,3043	-1,1897
180	4,9937	0,7485	0,0057	0,2734	-1,2970
195	4,7753	0,6720	0,0051	0,2454	-1,4047
210	4,5782	0,6030	0,0046	0,2202	-1,5131
225	4,3971	0,5396	0,0042	0,1971	-1,6242
240	4,2384	0,4840	0,0037	0,1768	-1,7329
255	4,0907	0,4323	0,0034	0,1579	-1,8459
270	3,9581	0,3859	0,0031	0,1409	-1,9595
285	3,8413	0,3450	0,0027	0,1260	-2,0715
300	3,7348	0,3077	0,0025	0,1124	-2,1859
315	3,6349	0,2727	0,0023	0,0996	-2,3066

Tablo 4.3 Kızılötesi kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

330	3,5462	0,2417	0,0021	0,0883	-2,4275
345	3,4694	0,2148	0,0018	0,0784	-2,5455
360	3,4004	0,1906	0,0016	0,0696	-2,6648
80°C					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0	10,082	2,7381	0,0000	1,0000	0,0000
15	8,9800	2,3295	0,0272	0,8508	-0,1616
30	8,089	1,9991	0,0220	0,7301	-0,3145
45	7,3524	1,7260	0,0182	0,6304	-0,4614
60	6,7255	1,4936	0,0155	0,5455	-0,6061
75	6,1868	1,2939	0,0133	0,4725	-0,7496
90	5,726	1,1230	0,0114	0,4101	-0,8912
105	5,32567	0,9746	0,0099	0,3559	-1,0330
120	4,9742	0,8443	0,0087	0,3083	-1,1765
135	4,6697	0,7314	0,0075	0,2671	-1,3201
150	4,4057	0,6335	0,0065	0,2314	-1,4638
165	4,1768	0,5486	0,0057	0,2004	-1,6076

Tablo 4.3 Kızılötesi kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

180	3,9799	0,4756	0,0049	0,1737	-1,7504
195	3,8104	0,4128	0,0042	0,1508	-1,8921
210	3,6605	0,3572	0,0037	0,1305	-2,0367
225	3,5276	0,3079	0,0033	0,1125	-2,1852
240	3,4107	0,2646	0,0029	0,0966	-2,3369
255	3,3098	0,2272	0,0025	0,0830	-2,4893
270	3,2194	0,1936	0,0022	0,0707	-2,6490
285	3,1358	0,1627	0,0021	0,0594	-2,8234
300	3,0606	0,1348	0,0019	0,0492	-3,0114
315	3,0354	0,1254	0,0006	0,0458	-3,0833

Etler numune torbalarına konularak nemlenmesini önlemek amacıyla desikatörde muhafaza edildi.

4.2.4 Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma işlemi için Labart LFD-10N model dondurarak kurutucu (ART Laborteknik, İstanbul, Türkiye) kullanıldı (Şekil 4.11). Parametreler şu şekildeydi; -50 °C, 0.1 Pa. Numuneler deneylerden önce, sonra ve deney sırasında her 1 saatte bir tartıldı.



Şekil 4.11 Labart LFD-10N dondurarak kurutucu.

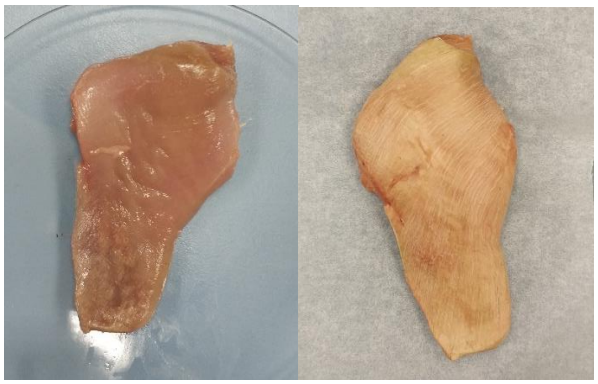
Dondurarak kurutma deneyleri sırasında, haşlama içeren bir ön işlem yöntemi uygulandı. Spesifik olarak, bir numuneye 1 dakikalık bir süre boyunca % 20'lik bir tuz çözeltisinde haşlama işlemi uygulanırken, başka bir numuneye aynı süre boyunca % 10'luk bir tuz çözeltisinde haşlama uygulandı. Üçüncü bir numune herhangi bir ön işleme tabi tutulmadı ve doğrudan dondurarak kurutucuya yerleştirildi.

Aynı zamanda ön işlem uygulandığı için yeni nem tayini deneyler gerçekleştirilmiştir. Sonuçları Tablo 4.4'te sunulmaktadır (numune no 1 – % 10 tuzlu suda haşlama, numune no 2 – % 20 tuzlu suda haşlama).

Dondurarak kurutma deneylerin numuneleri öncesi ve sonrasının görselleri Şekil 4.12, 4.13 ve 4.14'te gösterilmektedir.

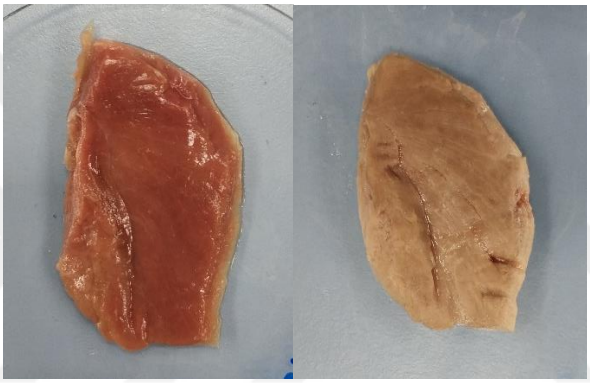
Tablo 4.4 Ön işlem ile nem taiyni sonuçları.

Numune No.	**İlk ağırlık, g**	**Son ağırlık, g**	**Kuru, %**	**Nem, %**	**kg W / kg DM**
1	10,473	2,7820	29,56	70,44	2,3830
2	10,5013	2,9323	30,29	69,71	2,3014



a **b**

Şekil 4.12 Dondurarak kurutma ön işlemsiz kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – deney sonrası.

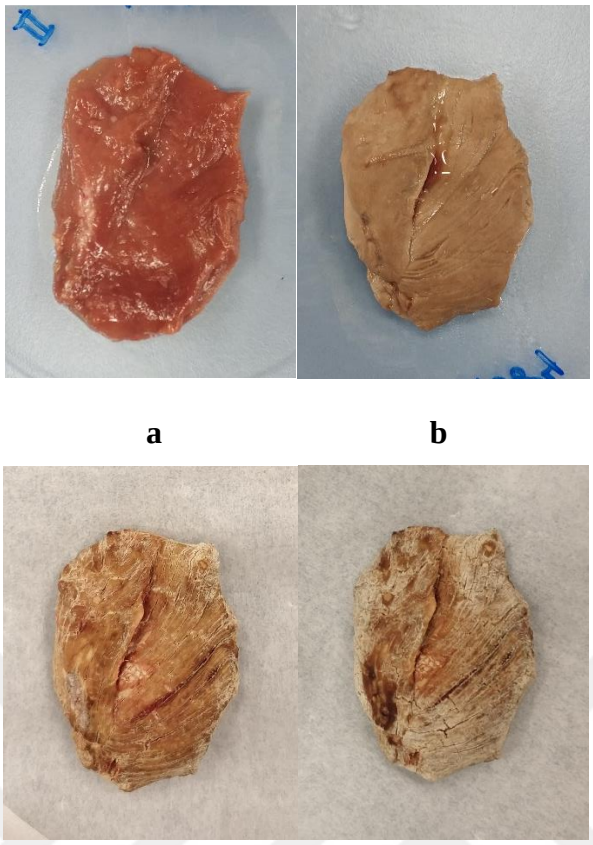


a **b**



c **ç**

Şekil 4.13 Dondurarak kurutma % 10 tuzlu suda haşlama ön işlemi ile kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – ön işleminden sonra,
c – 3 saat sonra, ç – deney sonrası.



a **b**

c **ç**

Şekil 4.14 Dondurarak kurutma % 20 tuzlu suda haşlama ön işlemi ile kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – ön işleminden sonra,
c – 3 saat sonra, ç – deney sonrası.

Dondurarak kurutma deneyleri sırasında elde edilen veriler Tablo 4.5'te sunulmaktadır.

Tablo 4.5 Dondurarak kurutma deneylerin sonuçları.

Ön işlemsiz					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0	10,5853	2,7381	0,0000	1,0000	0,0000
60	8,4599	1,9875	0,0125	0,7259	-0,3204

Tablo 4.5 Dondurarak kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

120	7,3377	1,5912	0,0066	0,5811	-0,5428
180	6,4058	1,2621	0,0055	0,4610	-0,7745
240	5,6217	0,9852	0,0046	0,3598	-1,0221
300	4,952	0,7487	0,0039	0,2735	-1,2966
360	4,3834	0,5479	0,0033	0,2001	-1,6088
420	3,8957	0,3757	0,0029	0,1372	-1,9862
480	3,4877	0,2316	0,0024	0,0846	-2,4698
540	3,1497	0,1123	0,0020	0,0410	-3,1940
% 10 Tuzlu suda haşlama					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0	10,1248	2,3830	0,0000	1,0000	0,0000
60	7,9953	1,6715	0,0119	0,7014	-0,3547
120	6,7501	1,2554	0,0069	0,5268	-0,6409
180	5,7589	0,9242	0,0055	0,3878	-0,9472
240	4,9589	0,6569	0,0045	0,2757	-1,2885
300	4,3017	0,4373	0,0037	0,1835	-1,6954
360	3,7732	0,2608	0,0029	0,1094	-2,2126

Tablo 4.5 Dondurarak kurutma deneylerin sonuçları. (devamı)

420	3,3541	0,1207	0,0023	0,0507	-2,9827
% 20 Tuzlu suda haşlama					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**ln (MR)**
0	9,8599	2,3014	0,0000	1,0000	0,0000
60	7,7999	1,6116	0,0115	0,7003	-0,3563
120	6,5141	1,1811	0,0072	0,5132	-0,6671
180	5,4731	0,8326	0,0058	0,3618	-1,0168
240	4,6438	0,5549	0,0046	0,2411	-1,4225
300	4,0005	0,3395	0,0036	0,1475	-1,9138
360	3,4956	0,1704	0,0028	0,0741	-2,6029
420	3,1254	0,0465	0,0021	0,0202	-3,9022

Görüldüğü gibi, % 20 tuzlu suda haşlama ön işlemi ile gerçekleşen kurutma deneyi 7 saatten az bir sürede gereken kuru madde seviyesine ulaşmıştır. % 10 tuzlu suda haşlama ön işlemi 7 saat, ön işlemsiz ise 9 saat süresinde hedefleyen kuru madde miktarına ulaşması gerçekleştirilmiştir.

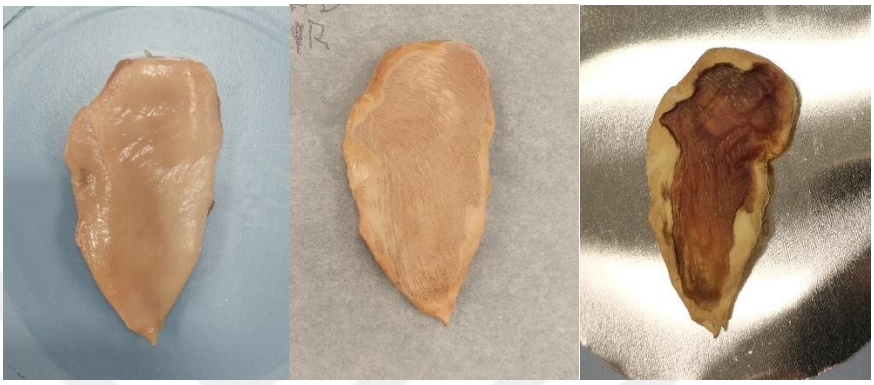
4.2.5 Hibrit Kurutma

Hibrit deneyler altı farklı varyasyonla sağlandı; ilk önce dondurarak kurutma, ardından 210 W'lık mikrodalga kurutma ve bunun karşısında 210 W'lık mikrodalga kurutma ve ardından dondurarak kurutma; dondurarak kurutmayı takiben 70 °C'de kızılötesi kurutma yapıldı ve karşıt deneyler 70 °C'de kızılötesi kurutmayla başlayıp dondurarak kurutmayla devam etti; 210 W gücünde mikrodalga kurutma,

ardından 70 °C sıcaklıkta kızılötesi kurutma ve 70 °C sıcaklıkta kızılötesi kurutma ve ardından 210 W gücünde mikrodalga kurutma takip etmiştir.

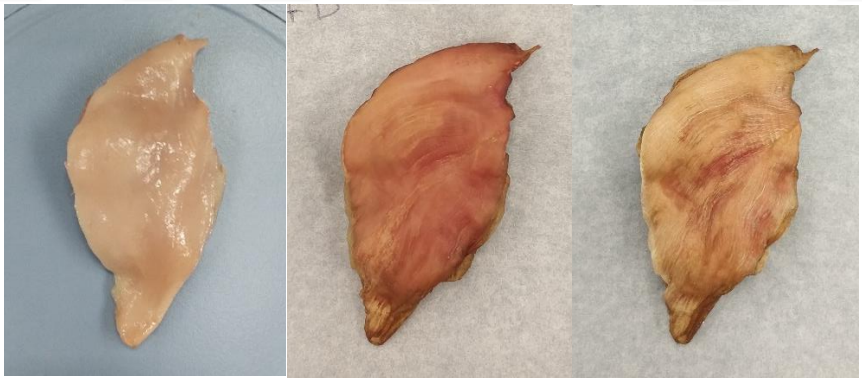
Hibrit yöntem deneylerinde tartım aralıkları, bireysel deneylerde kullanılanlarla aynı olarak seçilmiştir.

Hibrit kurutma deneylerin numuneleri öncesi ve sonrasının görselleri Şekil 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20'de gösterilmektedir.



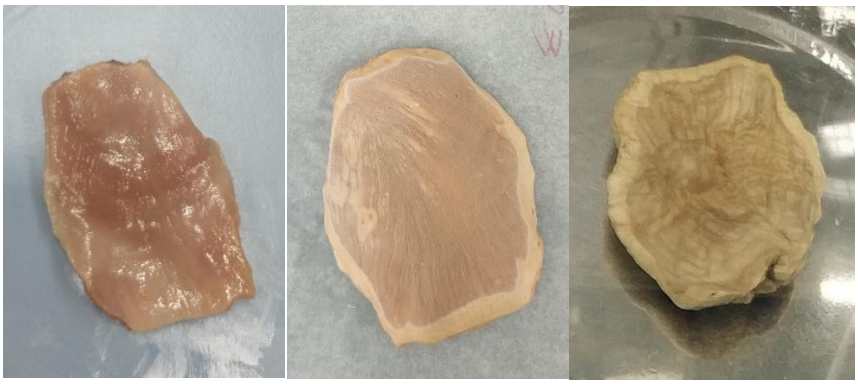
a **b** **c**

Şekil 4.15 FD + IR hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – FD'den sonra,
c – IR deneyi sonrası.



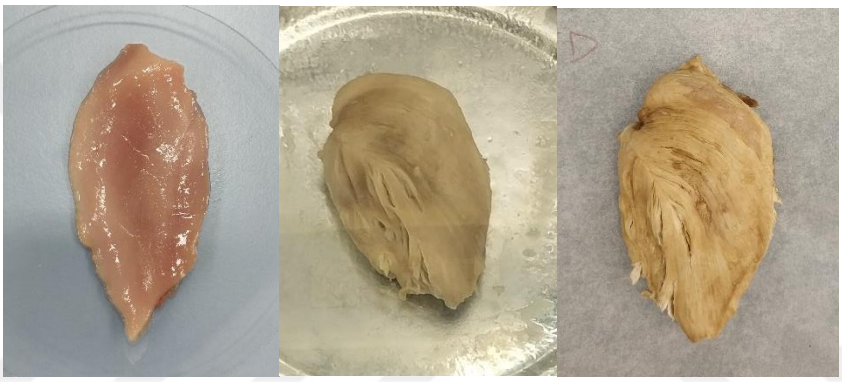
a **b** **c**

Şekil 4.16 IR + FD hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – IR'den sonra,
c – FD deneyi sonrası.



a **b** **c**

Şekil 4.17 FD + MW hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – FD'den sonra,
c – MW deneyi sonrası.



a **b** **c**

Şekil 4.18 MW + FD hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – MW'den sonra,
c – FD deneyi sonrası.



a **b** **c**

Şekil 4.19 IR + MW hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – IR'den sonra,
c – MW deneyi sonrası.



a **b** **c**

Şekil 4.20 MW + IR hibrit yöntemiyle kurutulmuş numune;
a – deney öncesi, b – MW'den sonra,
c – IR deneyi sonrası.

Hibrit deneyleri sırasında elde edilen veriler Tablo 4.6'te sunulmaktadır.

Tablo 4.6 Hibrit yöntemleri deneylerin sonuçları.

FD + 70 °C					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**Zaman, s**
0	10,3814	2,7381	0,0000	1,0000	0
60	8,4513	2,0431	0,0116	0,7462	3600
120	7,5729	1,7268	0,0053	0,6307	7200
180	6,7422	1,4277	0,0050	0,5214	10800
240	6,0260	1,1698	0,0043	0,4272	14400
255	5,6400	1,0308	0,0093	0,3765	15300
270	5,2580	0,8933	0,0092	0,3262	16200
285	4,9280	0,7744	0,0079	0,2828	17100
300	4,6380	0,6700	0,0070	0,2447	18000
315	4,3830	0,5782	0,0061	0,2112	18900

Tablo 4.6 Hibrit yöntemleri deneylerin sonuçları. (devamı)

330	4,1540	0,4957	0,0055	0,1811	19800
345	3,9540	0,4237	0,0048	0,1548	20700
360	3,7760	0,3596	0,0043	0,1313	21600
375	3,6230	0,3045	0,0037	0,1112	22500
390	3,4890	0,2563	0,0032	0,0936	23400
405	3,3750	0,2152	0,0027	0,0786	24300
420	3,2800	0,1810	0,0023	0,0661	25200
435	3,2050	0,1540	0,0018	0,0563	26100
450	3,1440	0,1321	0,0015	0,0482	27000
70 °C + FD					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**Zaman, s**
0	9,9250	2,7381	0,0000	1,0000	0
15	9,2250	2,4744	0,0176	0,9037	900
30	8,6450	2,2560	0,0146	0,8239	1800
45	8,1630	2,0744	0,0121	0,7576	2700
60	7,7480	1,9181	0,0104	0,7005	3600
75	7,3810	1,7799	0,0092	0,6501	4500
90	7,0580	1,6583	0,0081	0,6056	5400
105	6,7610	1,5464	0,0075	0,5648	6300
120	6,4860	1,4428	0,0069	0,5270	7200

Tablo 4.6 Hibrit yöntemleri deneylerin sonuçları. (devamı)

132	6,2670	1,3604	0,0069	0,4968	7920
192	5,3740	1,0240	0,0056	0,3740	11520
252	4,8150	0,8135	0,0035	0,2971	15120
312	4,2910	0,6161	0,0033	0,2250	18720
372	3,7644	0,4178	0,0033	0,1526	22320
432	3,3185	0,2499	0,0028	0,0913	25920
492	2,9360	0,1058	0,0024	0,0386	29520
FD + 210 W					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**Zaman, s**
0	10,6679	2,7381	0,0000	1,0000	0
60	8,4922	1,9757	0,0127	0,7216	3600
120	7,5815	1,6566	0,0053	0,6050	7200
180	6,7846	1,3773	0,0047	0,5030	10800
180,5	6,7546	1,3668	0,0210	0,4992	10830
181	6,4277	1,2523	0,2291	0,4574	10860
181,5	5,6771	0,9893	0,5260	0,3613	10890
182	4,8813	0,7104	0,5577	0,2595	10920
182,5	4,2487	0,4888	0,4433	0,1785	10950
183	3,8253	0,3404	0,2967	0,1243	10980
183,5	3,5092	0,2296	0,2215	0,0839	11010

Tablo 4.6 Hibrit yöntemleri deneylerin sonuçları. (devamı)

184	3,3363	0,1691	0,1212	0,0617	11040
184,5	3,2247	0,1299	0,0782	0,0475	11070
210 W + FD					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**Zaman, s**
0	10,3863	2,7381	0,0000	1,0000	0
0,5	10,1414	2,6499	0,1763	0,9678	30
1	9,4084	2,3861	0,5276	0,8715	60
1,5	8,2337	1,9633	0,8456	0,7171	90
2	7,2568	1,6118	0,7032	0,5886	120
2,5	6,3877	1,2990	0,6256	0,4744	150
62,5	4,677	0,6833	0,0103	0,2495	3750
122,5	4,0205	0,4470	0,0039	0,1633	7350
182,5	3,4433	0,2393	0,0035	0,0874	10950
242,5	3,0116	0,0839	0,0026	0,0306	14550
70 °C + 210 W					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**Zaman, s**
0	10,142	2,7381	0,0000	1,0000	0
15	9,426	2,4742	0,0176	0,9036	900
30	8,77	2,2324	0,0161	0,8153	1800
45	8,245	2,0389	0,0129	0,7446	2700

Tablo 4.6 Hibrit yöntemleri deneylerin sonuçları. (devamı)

60	7,795	1,8730	0,0111	0,6841	3600
75	7,401	1,7278	0,0097	0,6310	4500
90	7,046	1,5970	0,0087	0,5832	5400
105	6,705	1,4713	0,0084	0,5373	6300
120	6,431	1,3703	0,0067	0,5005	7200
120,5	5,9749	1,2022	0,3362	0,4391	7230
121	5,2674	0,9414	0,5215	0,3438	7260
121,5	4,5262	0,6682	0,5464	0,2441	7290
122	3,971	0,4636	0,4093	0,1693	7320
122,5	3,6003	0,3270	0,2733	0,1194	7350
123	3,3492	0,2344	0,1851	0,0856	7380
123,5	3,0836	0,1365	0,1958	0,0499	7410
210 W + 70 °C					
t, dk	**Numune, g**	**kg W / kg DM**	**DR**	**MR**	**Zaman, s**
0	10,5285	2,7381	0,0000	1,0000	0
0,5	10,3306	2,6678	0,1405	0,9743	30
1	9,5564	2,3929	0,5497	0,8739	60
1,5	8,384	1,9767	0,8325	0,7219	90
2	7,3309	1,6028	0,7478	0,5854	120
2,5	6,3576	1,2572	0,7053	0,4592	150

Tablo 4.6 Hibrit yöntemleri deneylerin sonuçları. (devamı)

17,5	5,491	0,9495	0,0205	0,3468	1050
32,5	5,111	0,8146	0,0090	0,2975	1950
47,5	4,808	0,7070	0,0072	0,2582	2850
62,5	4,555	0,6172	0,0060	0,2254	3750
77,5	4,337	0,5398	0,0052	0,1972	4650
92,5	4,147	0,4724	0,0045	0,1725	5550
107,5	3,977	0,4120	0,0040	0,1505	6450
122,5	3,822	0,3570	0,0037	0,1304	7350
137,5	3,679	0,3062	0,0034	0,1118	8250
152,5	3,558	0,2632	0,0029	0,0961	9150
167,5	3,445	0,2231	0,0027	0,0815	10050
182,5	3,341	0,1862	0,0025	0,0680	10950
197,5	3,247	0,1528	0,0022	0,0558	11850
212,5	3,16	0,1219	0,0021	0,0445	12750

Dondurarak kurutma ve hibrit yöntemlerinde numuneler vakum poşetlerine konularak nemlenmeyi önlemek amacıyla desikatörde muhafaza edilmiştir.

Tüm deneyler, numunelerdeki nem içeriğinin % 5'in altına düşmesiyle tamamlanmış olarak kabul edildi.

5
HESAPLAMALAR VE MATEMATİKSEL MODELLEME

Kuruma hızı (*DR*, kg su/kg kuru madde × dakika), nem içeriği (*M*, kg su/kg kuru madde) ve nem oranı (*MR*, boyutsuz), kurutma deneylerinden elde edilen numunelerin nem ve kuru madde miktarlarına dayanarak denklem (5.1)–(5.3) kullanılarak belirlenebilir.

$$M = \frac{m_w}{m_d} \tag{5.1}$$

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \tag{5.2}$$

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \tag{5.3}$$

burada m_w ve m_d sırasıyla su ve kuru madde içeriğini (kg) ifade eder. M_0, M_t ve M_e sırasıyla sıfır zamandaki, herhangi bir zamandaki ve dengedeki nem içeriğini ifade eder (kg su/kg kuru madde). M_{t+dt}, M_t sırasıyla $t+dt$ ve t zamanındaki nem içeriğini (kg su/kg kuru madde) ifade eder [109, 110].

Her bir yöntem ve parametrede elde edilen ağırlık-zaman verisi, uygulanan süreçler için en uygun kuruma desenini belirlemek için en yaygın 13 matematiksel model kullanılarak analiz edildi. Bu modellerin uygunluğu, Statistica 12.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA) kullanılarak değerlendirildi.

Modellerin uygunluğu genellikle üç parametre ile değerlendirilir: en yüksek belirleme katsayısı (R^2), kök ortalama kare hatası (*RMSE*) ve azaltılmış Ki-kare (χ^2). Bu değerleri hesaplamak için (5.4)–(5.6) denklemleri kullanılabilir [111].

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(MR_{exp,\,i} - MR_{pre,\,i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(MR_{exp,\,i} - \left(\frac{1}{n}\right)\sum_{i=1}^{N} MR_{exp,\,i}\right)} \tag{5.4}$$

$$RMSE = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(MR_{pre,\,i} - MR_{exp,\,i}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \tag{5.5}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(MR_{exp,\,i} - MR_{pre,\,i}\right)^2}{N - z} \tag{5.6}$$

burada MR_{exp} ve MR_{pre} sırasıyla deneysel ve tahmini nem oranlarını temsil eder. N deneylerin toplam sayısını, z ise modeldeki sabit sayısını temsil eder.

Efektif nem difüzyon terimi, nem transfer hızını tanımlamak için kullanılır. Tam bir kurutma profili, hızın artış, sabit hız ve hızın düşüş periyotlardan oluşur. Kurutma esas olarak hızın düşüş periyodunda gerçekleşir ve bu sürede meydana gelen nem transferi Fick'in ikinci yasasıyla açıklanır. Fick'in ikinci yasasının 2 L kalınlığındaki düz plakadaki kararsız durum koşulları için çözüm denklemi denklem (5.7)'de verilmiştir.

$$MR = \frac{8}{\pi^2}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(2n+1)^2}\,exp\left(-\frac{(2n+1)^2\pi^2 D_{eff}\times t}{4L^2}\right) \tag{5.7}$$

burada MR, nem oranını; t, kurutma süresini (s); D_{eff}, efektif nem difüzyon katsayısını (m^2/s); L, numunenin yarı kalınlığını (m); ve n, uzun kuruma süreleri için 1 olarak kabul edilen pozitif tam sayıyı temsil eder [112]. Üs terimi, denklemin doğal logaritmasının alınmasıyla türetilir ve denklem (5.8)'de gösterilir.

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(-\frac{\pi^2 D_{eff}\times t}{4L^2}\right) \tag{5.8}$$

böylece D_{eff}, ln (MR) karşısında t grafiğinin eğiminden hesaplanabilir.

Efektif nem difüzyonu doğrudan kurutma sıcaklığı veya sağlanan güç tarafından etkilenir. Bu etkileşim, denklem (5.9)'da gösterilen Arrhenius tipi denklem kullanılarak ifade edilebilir [113].

$$D_{eff} = D_0\,exp\left(-\frac{E_a}{R\,(T+273{,}15)}\right) \tag{5.9}$$

burada D_0, ön-eksponansiyel faktörü (m^2/s) temsil eder, E_a aktivasyon enerjisini (kJ/mol), R evrensel gaz sabitini (kJ/mol × K) ve T kurutma sıcaklığını (K) simgeler. Aktivasyon enerjisi (E_a), D_{eff}'in $1/T$'ye karşı grafiğinin eğiminden bulunabilir; bu grafik, denklem (5.9)'un doğal logaritmasının alınmasıyla çizilebilir.

Bazı kurutma yöntemlerinde sıcaklık doğrudan ölçülemediğinden, aktivasyon enerjisi formülasyonu değiştirilir. Güç değeri ile birlikte etkili nem difüzyonunun modifiye edilmiş versiyonu denklem (5.10)'da verilmiştir [114].

$$D_{eff} = D_0 \, exp\left(-\frac{E_a \times m}{P}\right) \tag{5.10}$$

5.1 Modeller

Bu araştırma sırasında modelleme için kullanılan denklemler Tablo 5.1'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1 Kullanılan modeller.

Model	Denklem	Kaynak
Aghbaslo	$MR = exp\,(-k_1 t / (1 + k_2 t))$	115
Alibaş	$MR = a \cdot exp\,((-ktn) + bt) + g$	116
Henderson ve Pabis	$MR = a \cdot exp\,(-k\,t)$	109
Jena	$MR = a \cdot exp\,(-kt + b\sqrt{t}) + c$	117
Lewis	$MR = exp\,(-kt)$	118
Logaritmik	$MR = a \cdot exp\,(-kt) + c$	119
Midilli ve Küçük	$MR = a \cdot exp\,(-kt^n) + bt$	120
Page	$MR = exp\,(-kt^n)$	121
Parabolik	$MR = a + bt + ct^2$	109
Peleg	$MR = a + t / (k_1 t + k_2 t)$	122
Verma	$MR = a \cdot exp\,(-kt) + (1-a) \cdot exp\,(-gt)$	123
Wang	$MR = 1 + at + bt^2$	123

Tablo 5.1 Kullanılan modeller. (devamı)

Weibull	$MR = exp\ (-(t/b)^a)$	118
İki Terimli	$MR = a \cdot exp\ (-bt) + c \cdot exp\ (-dt)$	15
İki Terimli Üstel	$MR = a \cdot exp\ (-kt) + (1-a) \cdot exp\ (-kat)$	15

5.2 Renk Analizi

Renk, gıdanın değerlendirilmesinde temel öneme sahip olmuş ve nihayetinde gıdanın kabul edilmesini veya reddedilmesini etkilemiştir. Renk, gıdanın önemli kalite özelliklerinden biridir. Her ne kadar besin, lezzet veya fonksiyonel değerleri yansıtmasa da, bir ürünün tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini belirler.

Deneyler sonunda, renk analizi cihazıyla oda sıcaklığında çiğ ve işlenmiş et numuneleri renk ölçümlerine tabi tutuldu. Her numunenin 5 farklı noktadan değer alındı ve bunların ortalaması hesaplandı. Sonuçlar, Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri olarak ifade edildi. Daha sonra denklem (5.11) kullanılarak toplam renk farkı (ΔE) hesaplandı.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \tag{5.11}$$

Lab renk uzayı, aydınlık için boyut *L* ve kromatiklik koordinatları için *a* ve *b* boyutlarına sahip bir renk karşıtı uzaydır. Hunter Lab renk uzayının koordinatları *L**, *a** ve *b** şeklindedir.

Aydınlık eksen (*L**) – 0 siyahı, 100 beyazı temsil eder. Kırmızı–yeşil eksen (*a**) – pozitif değerler kırmızıyı, negatif değerler yeşili temsil eder, 0 nötrdür. Sarı–mavi eksen (*b**) – pozitif değerler sarıyı, negatif değerler maviyi temsil eder, 0 nötrdür [124].

Renk analizlerin değerleri Tablo 5.2 ve 5.3'te gösterilmektedir.

Hesaplamaların sonuçları Tablo 5.4'te sunulmaktadır.

Tablo 5.2 Renk analizlerin sonuçları.

	Çiğ	**MW 140 W**	**MW 210 W**	**MW 350 W**	**IR 60 ℃**
a	37,448	44,306	33,484	37,474	27,86
b	6,228	9,79	13,812	10,658	9,812
L	6,07	23,636	19,398	21,872	13,114
	IR 70 ℃	**IR 80 ℃**	**FD**	**FD % 20**	**FD % 10**
a	22,232	26,434	56,478	43,836	55,756
b	11,718	10,404	13,458	11,692	11,092
L	13,816	12,926	19,262	21,634	20,512

Tablo 5.3 Hibrit yöntemler renk analizlerin sonuçları.

	FD + IR	**IR + FD**	**MW + IR**	**IR + MW**
a	31,53	48,184	33,672	25,76
b	12,044	11,89	24,904	11,176
L	17,218	20,478	18,762	13,16

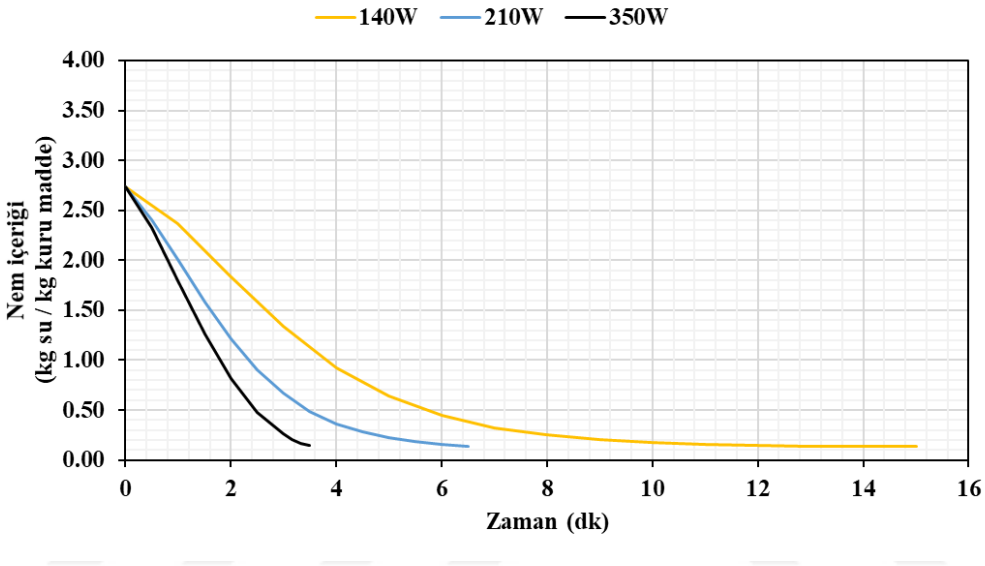
	FD + MW	**MW + FD**
a	36,286	58,602
b	10,314	10,226
L	20,51	23,45

Tablo 5.4 ΔE sonuçları.

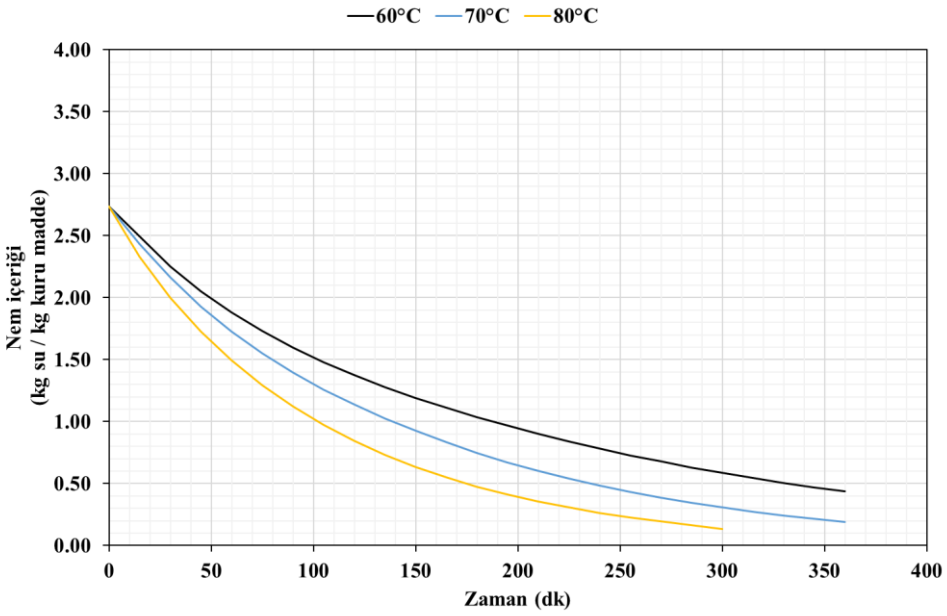
	Mikrodalga Kurutma	**Kızılötesi Kurutma**	**Dondurarak Kurutma**
	MW 140 W	IR 60 ℃	FD Ön işlemsiz
	19,1907	12,4255	24,2578
	MW 210 W	IR 70 ℃	FD % 20 tuzlu haşlama
	15,8387	17,9351	17,6889
ΔE	MW 350 W	IR 80 ℃	FD %10 tuzlu haşlama
	16,41123944	13,6291	23,8204
	Hibrit Yöntemler		
	FD + IR 70 ℃	MW 210 W + IR 70 ℃	MW 210 W + FD
	13,8969	22,8941	27,6684
	IR 70 ℃ + FD	IR 70 ℃ + MW 210 W	FD + MW 210 W
	18,8391	14,5382	15,0519

6
SONUÇ

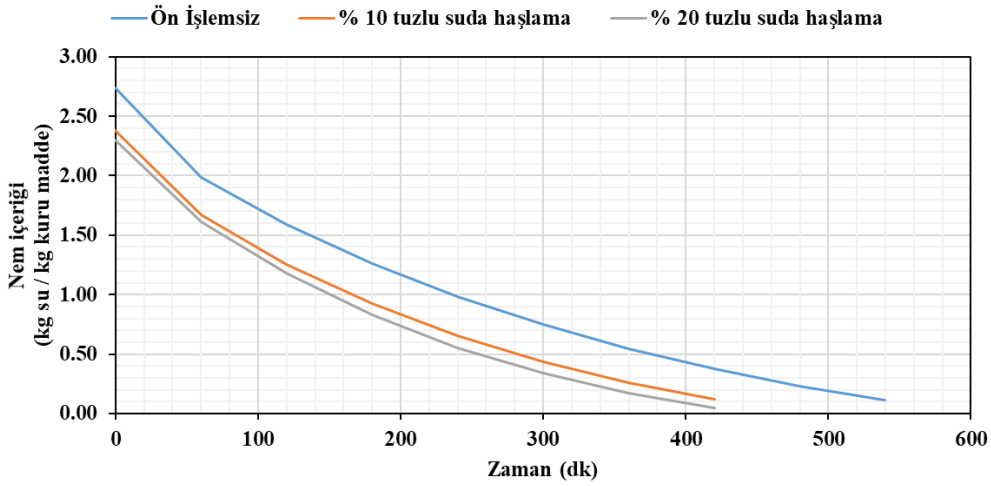
Bıldırcının içerdiği nem miktarı (*M*), kuruma hızı (*DR*) ve nem oranı (*MR*) hesaplandı. Şekil 6.1–6.5'te mikrodalga, kızılötesi, dondurarak ve hibrit yöntemleri numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim görülmektedir.



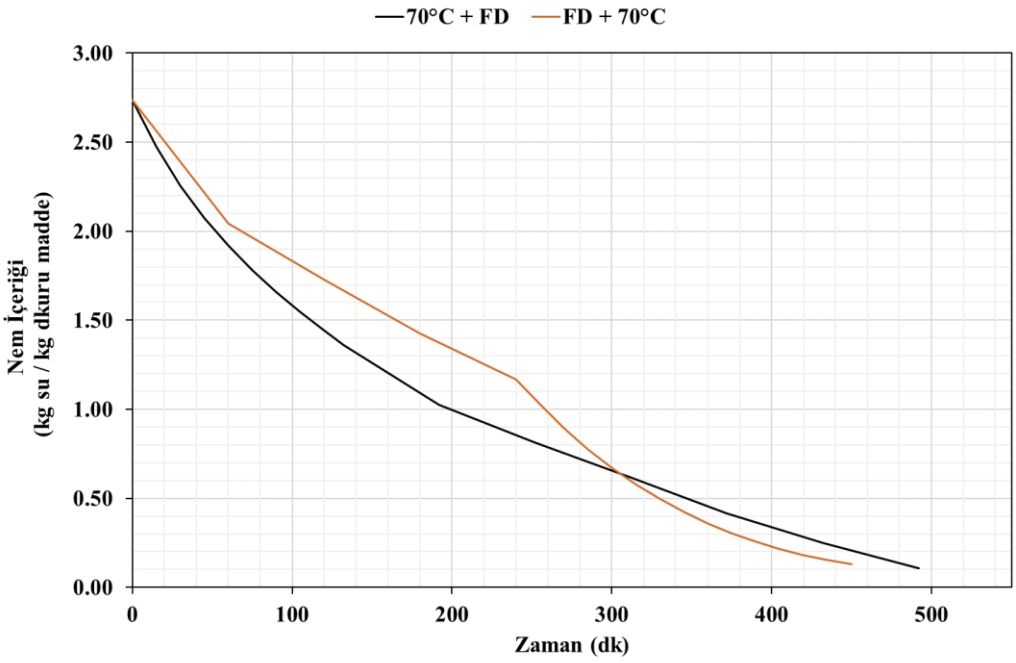
Şekil 6.1 Mikrodalga kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim.



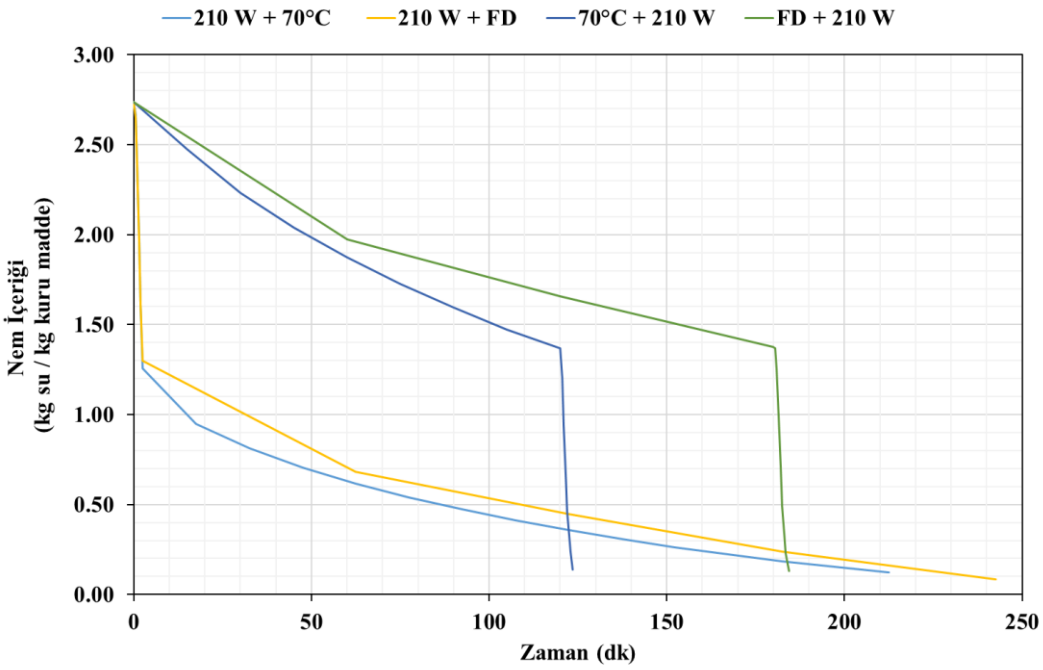
Şekil 6.2 Kızılötesi kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim.



Şekil 6.3 Dondurarak kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim.



Şekil 6.4 Dondurarak ve kızılötesi (ve tersi) kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim.



Şekil 6.5 FD + MW, IR + MW (ve tersleri) kurutma numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişim.

Bıldırcınların kurutulması deneylerinde örneklerin nem içeriği, nem analizi kullanılarak 2,7381 ± 0,05 kg su/kg kuru madde olarak bulunmuştur. Mikrodalga kurutma işlemlerinde numuneler 350 W, 210 W, 140 W güç seviyeleri ile sırasıyla 0,1470, 0,1374, 0,1360 kg su/kg kuru madde ve 3,50, 6,50 ve 15 dakikada bitmiştir. Kızılötesi kurutma işlemlerinde numuneler 60, 70, 80 ℃ sıcaklık ile sırasıyla 0,1878, 0,1906, 0,1254 kg su / kg kuru madde ve 510, 360 ve 315 dakikada bitmiştir. Dondurarak kurutma süreçlerinde ön işlemsiz numune 0,1123 kg su / kg kuru maddeye düşürüldü ve kurutma 540 dakikada gerçekleşti. % 10 ve % 20 tuzlu suda haşlama ön işlemi numunelere 1 dakika olarak uygulanmıştır. Numunelerdeki nem içeriği sırasıyla 0,1207 ve 0,0465 kg su / kg kuru maddeye düşürüldü ve süreçler 420 dakikada gerçekleştirildi.

Hibrit kurutmaya göz atarsak, kızılötesi 70 ℃ ve mikrodalga 210 W yöntemleri kullandığı zaman, 0,1365 kg su / kg kuru madde sonucuna 123,5 dakikada, ters yöntem (MW + IR) ise kullandığımızda 0,1219 kg su / kg kuru madde 212,5 dakikada sonucuna varılmıştır. Mikrodalga 210 W ve dondurarak yöntemi 242,5 dakikada 0,0839 kg su / kg kuru madde, FD + MW ise 184,5 dakikada 0,1299 kg su / kg kuru madde sonucunu göstermiştir. IR 70 ℃ ve FD kullandıktan sonra 492

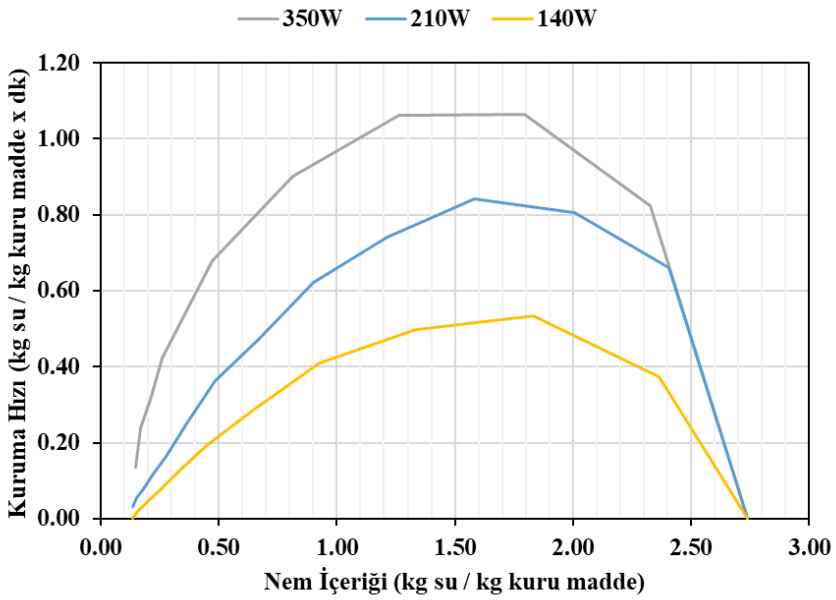
dakika sonra 0,1058 kg su / kg kuru madde, dondurarak + kızılötesi ise 450 dakikada 0,1321 kg su / kg kuru madde sonuçları elde edilmiştir.

Mikrodalga fırını ile kurutulmuş bıldırcın numunelerinin kuruma hızları Şekil 6.6'da görülmektedir.

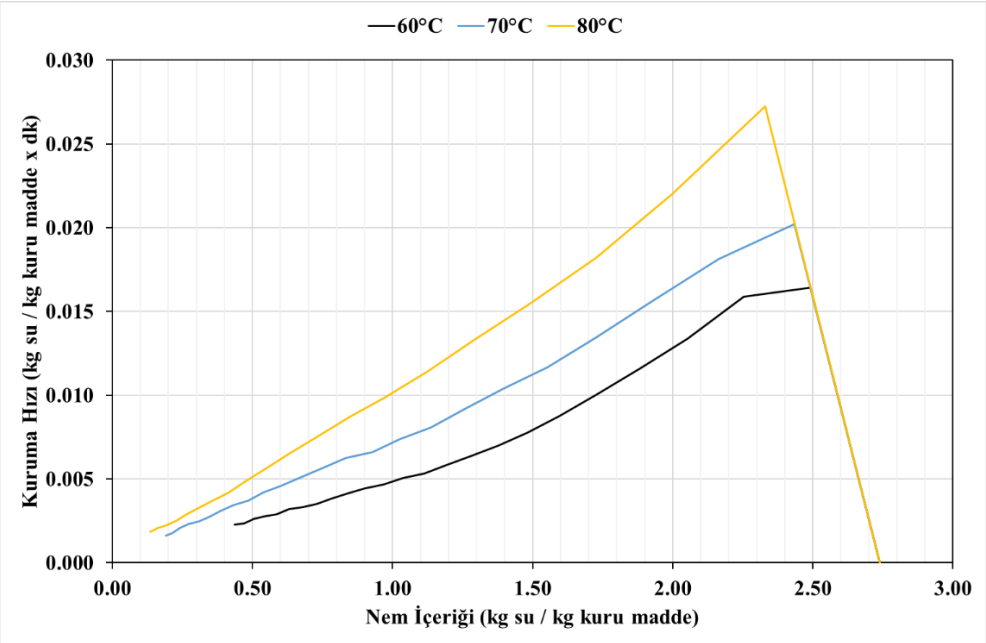
Kızılötesi kurutma yöntemiyle kurutulmuş bıldırcın numunelerinin kuruma hızları Şekil 6.7'de görülmektedir.

Dondurarak kurutma yöntemiyle kurutulmuş bıldırcın numunelerinin kuruma hızları Şekil 6.8'de görülmektedir.

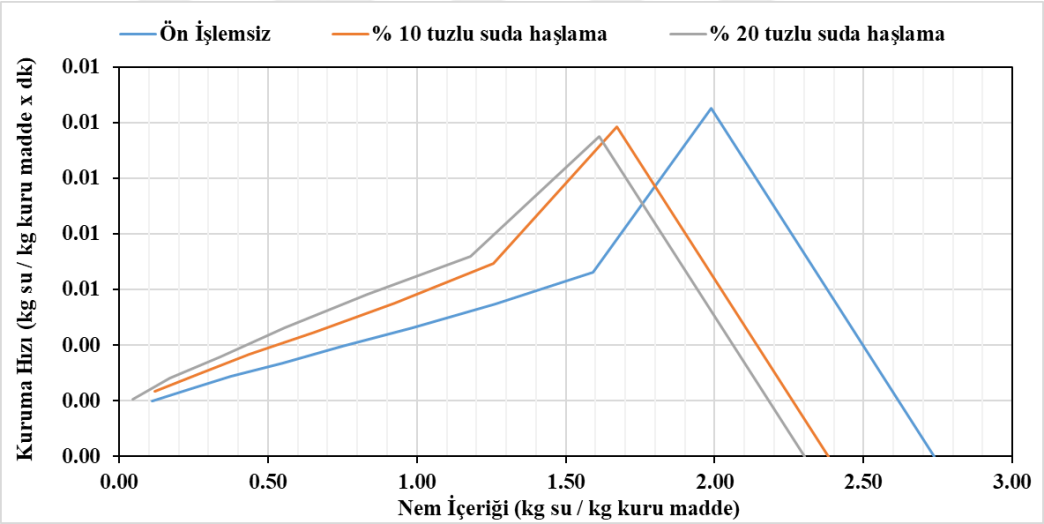
Hibrit yöntemleriyle kurutulmuş bıldırcın numunelerinin kuruma hızları Şekil 6.9 ve 6.10'da görülmektedir.



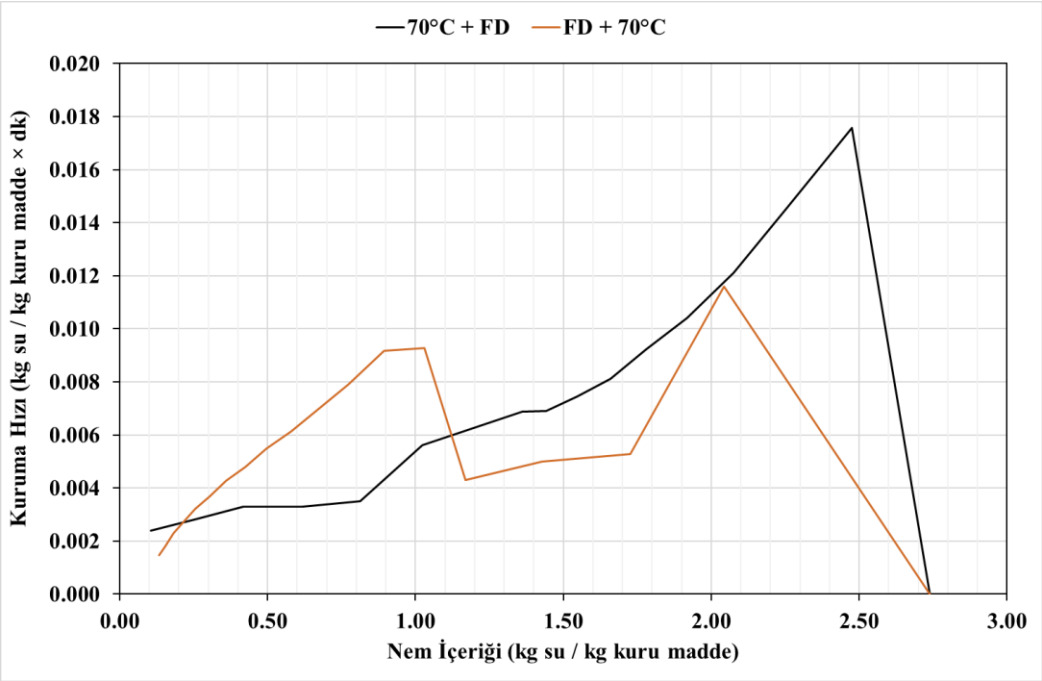
Şekil 6.6 Mikrodalga ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları.



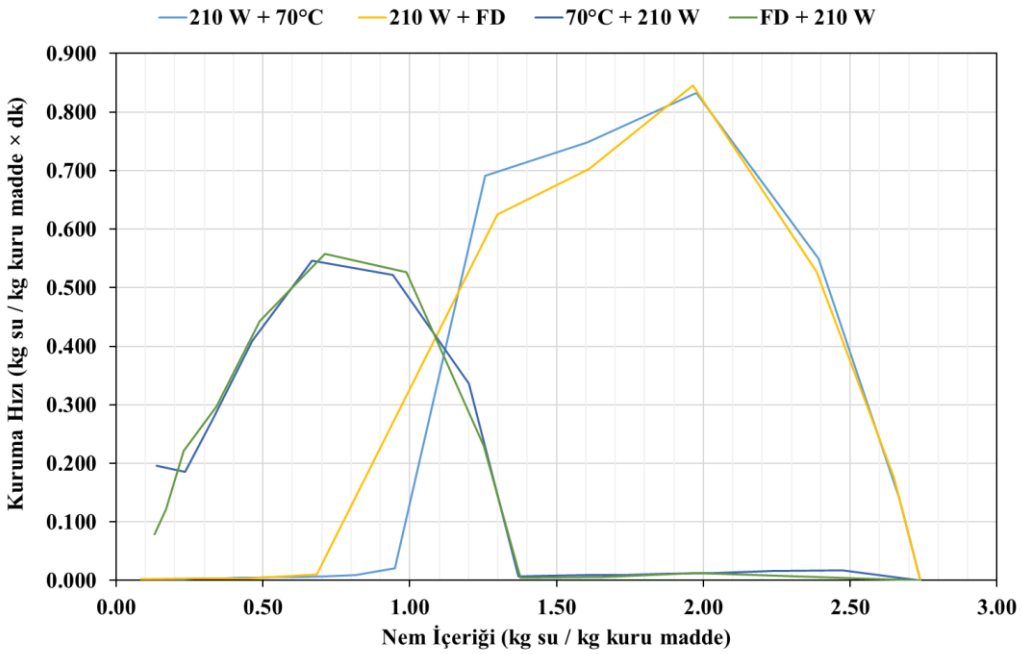
Şekil 6.7 Kızılötesi ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları.



Şekil 6.8 Dondurarak kurutma ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları.

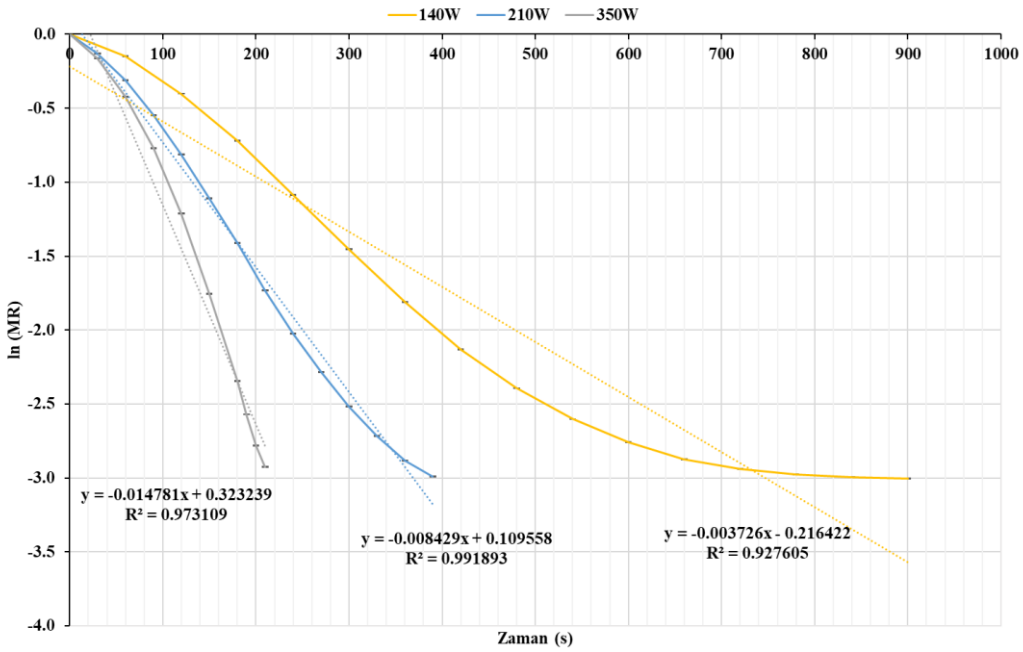


Şekil 6.9 FD + IR (ve tersi) kurutma ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları.



Şekil 6.10 FD + MW, IR + MW (ve tersleri) kurutma ile kurutulmuş numunelerinin kuruma hızları.

Şekil 6.11, Şekil 6.12 ve Şekil 6.13'te zamana karşı ln (*MR*) değişimleri gösterilmektedir.



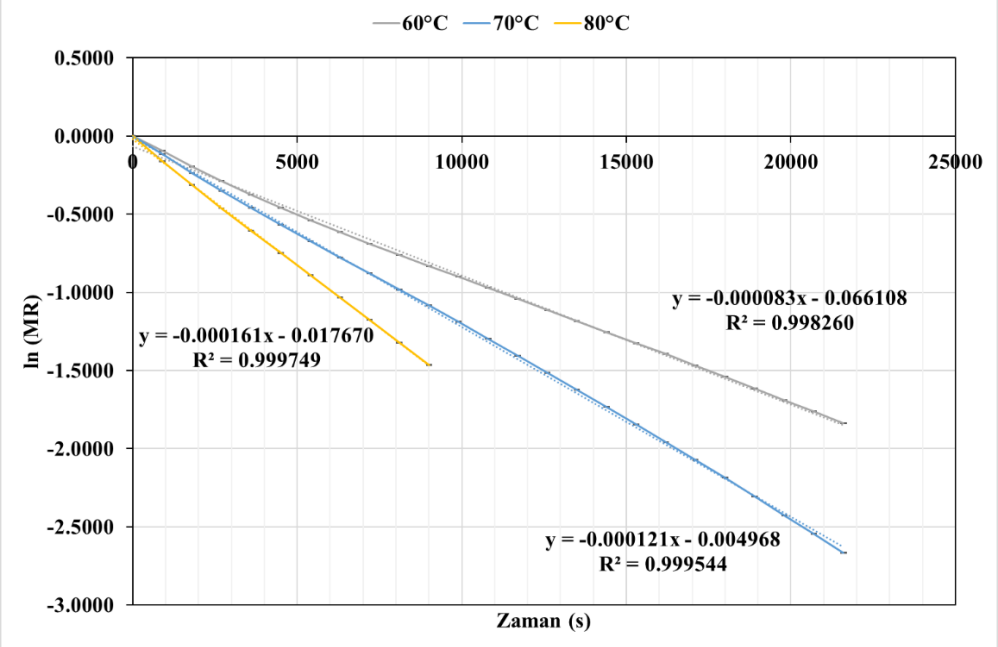
Şekil 6.11 Mikrodalga ile kurutulan numunelerin zamana karşı ln (*MR*) grafiği.

Mikrodalga kurutma verileri için nem oranı eğrisi denklemleri:

ln (*MR*)= -0,003726x – 0,216422 (140 W)

ln (*MR*)= -0,008429x + 0,109558 (210 W)

ln (*MR*)= -0.014781x + 0.323239 (350 W)



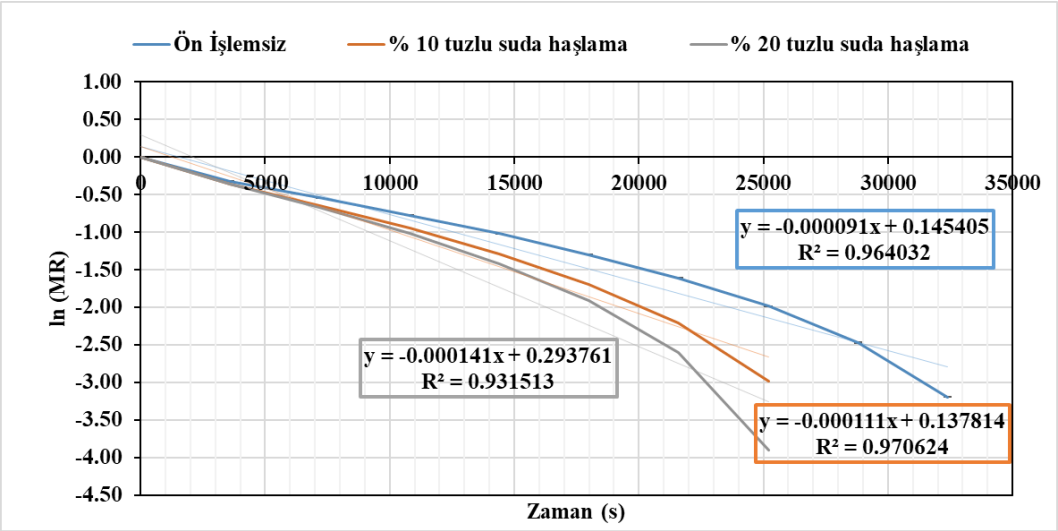
Şekil 6.12 Kızılötesi ile kurutulan numunelerin zamana karşı ln (*MR*) grafiği.

Kızılötesi kurutma verileri için nem oranı eğrisi denklemleri:

ln (*MR*)= -0,000083x – 0,065847 (60 °C)

ln (*MR*)= -0,000121x – 0,004968 (70 °C)

ln (*MR*)= -0,000161x – 0,017670 (80 °C)



Şekil 6.13 Dondurarak kurutma ile kurutulan numunelerin zamana karşı ln (*MR*) grafiği.

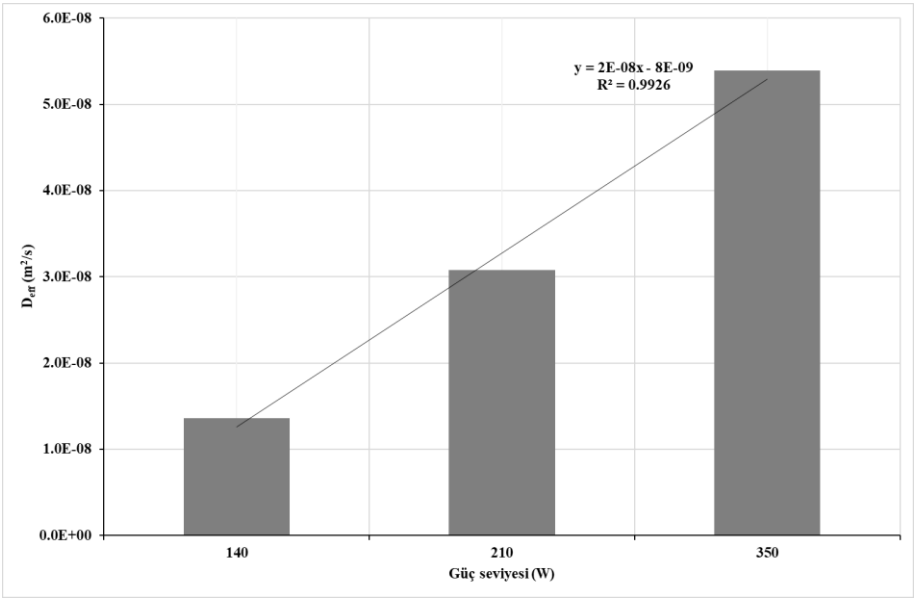
Dondurarak kurutma verileri için nem oranı eğrisi denklemleri:

ln (*MR*)= -0,000091x + 0,145405 (ön işlemsiz)

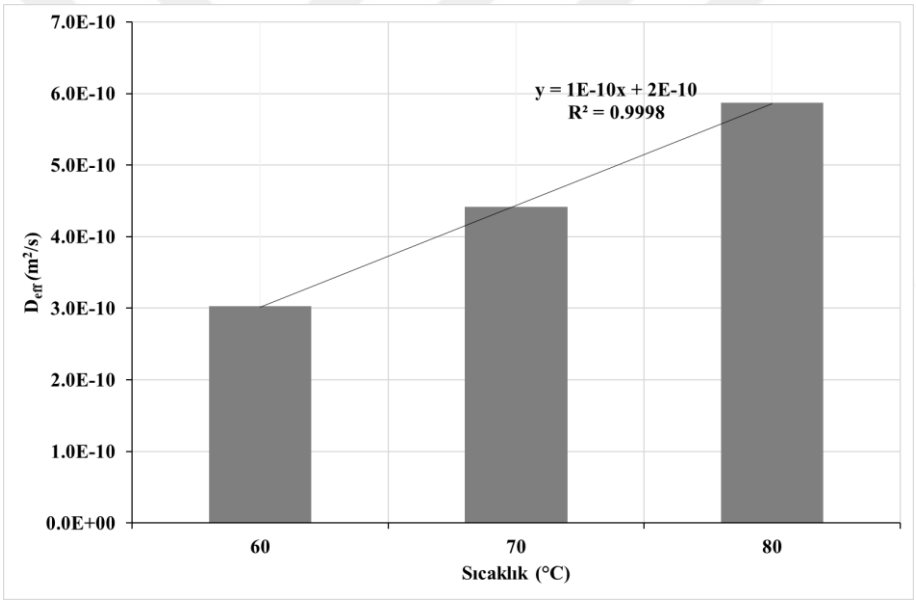
ln (*MR*)= -0,000111x + 0,137814 (% 10 tuzlu suda haşlama)

ln (*MR*)= -0,000141x + 0,293761 (% 20 tuzlu suda haşlama)

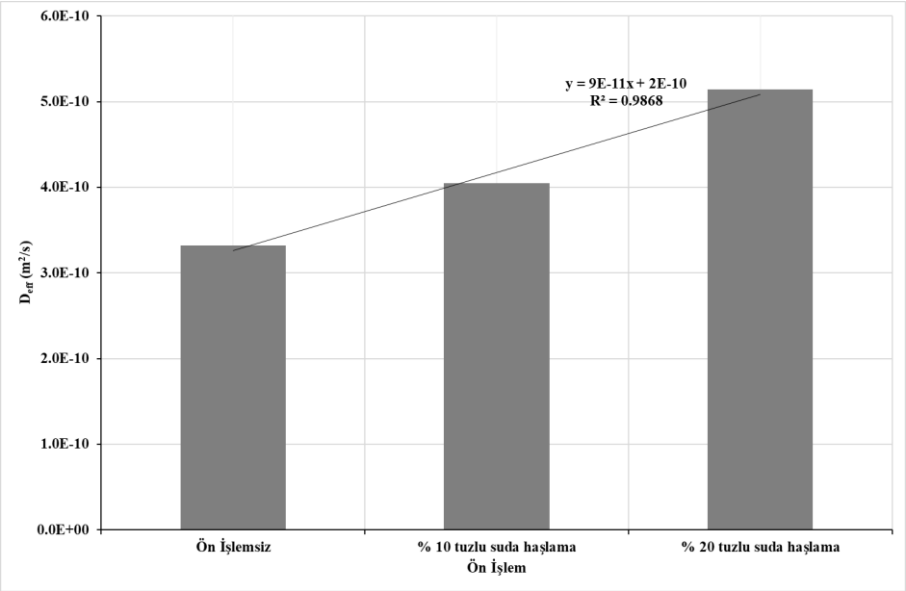
Şekil 6.14–6.16'da D_{eff} değerleri gösterilmektedir.



Şekil 6.14 Mikrodalga kurutma için hesaplanan D_{eff} değeri.

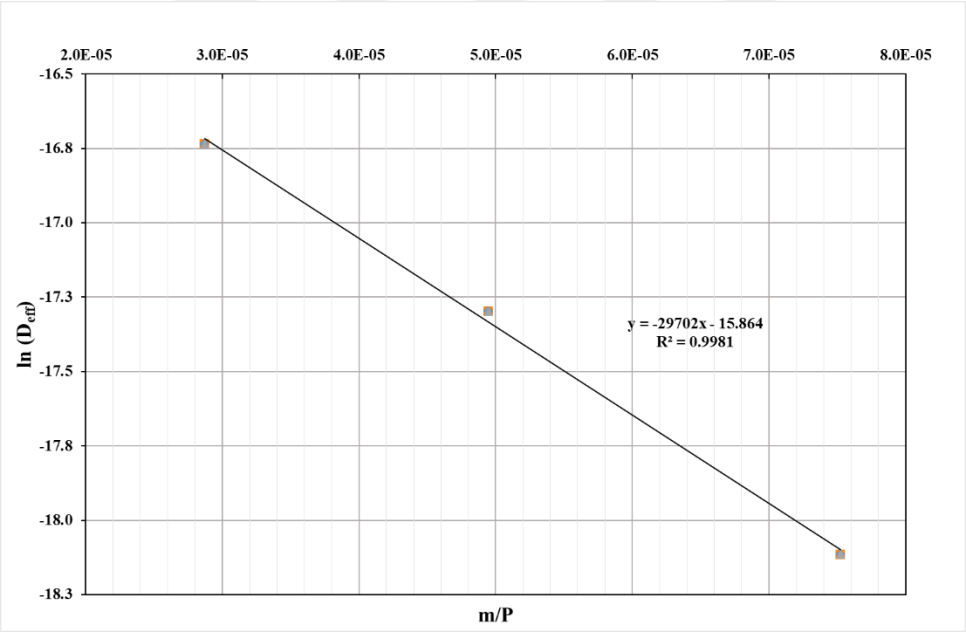


Şekil 6.15 Kızılötesi kurutma için hesaplanan D_{eff} değeri.

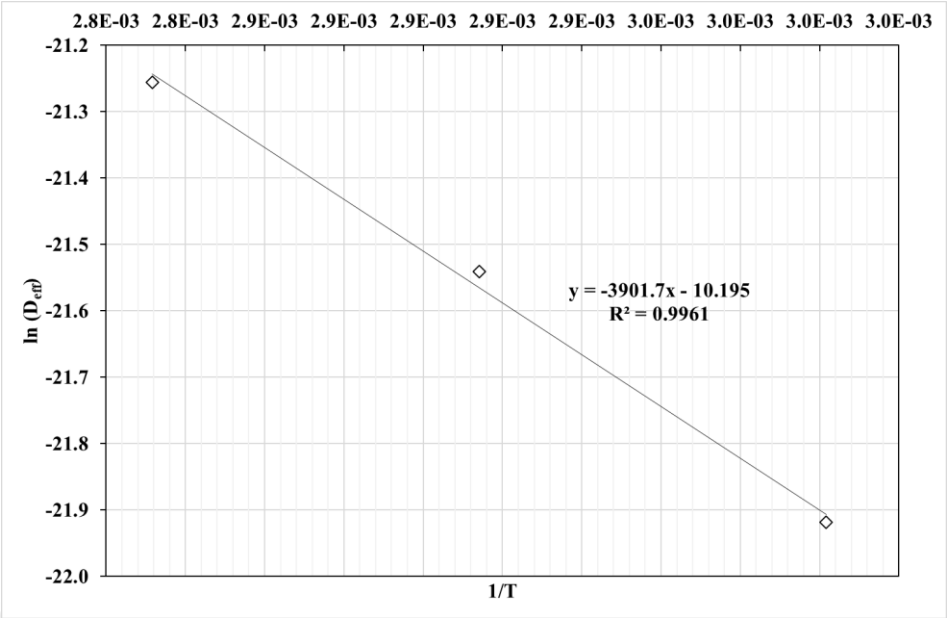


Şekil 6.16 Dondurarak kurutma için hesaplanan D_{eff} değeri.

Şekil 6.17 ve 6.18'de ln (D_{eff}) değerlerine karşı m/P (MW için) ya da $1/T$ (IR için) grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 6.17 Mikrodalga kurutmaya ait ln (D_{eff}) değerlerine karşı m/P grafiği.



Şekil 6.18 Kızılötesi kurutmaya ait ln (D_{eff}) değerlerine karşı 1/T grafiği.

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında bıldırcın etinin numuneleri, 140, 210 ve 350 W güç seviyelerinde mikrodalga kurutma, 60, 70, ve 80 °C'de kızılötesi kurutma ve dondurarak kurutma kullanarak kurutma kinetiği incelenmiş ve kurutma sürecini en iyi ifade eden modeli seçilmiştir; her üç yöntem (MW, IR, FD) için Alibaş modeli en uygun olarak görülmüştür.

Dondurarak kurutma yöntemi uygulanırken, numuneler ilk önce ön işlemine tabii tutuldu. % 20 tuzlu suda haşlama zamanda büyük bir kazanç sağladı.

Ayrıca, deneyler sırasında farklı kurutma yöntemleri birlikte kullanarak onların olumlu ve olumsuz etkileri incelenmiştir. En hızlı kurutma kızılötesi ve mikrodalga bilrikte kullanmasında sağlandı (123,5 dakika) ancak görünüş özellikleri alt seviyede kaldı. En iyi dış özelliklere sahip olan kızılötesi ve dondurarak kurutma yöntemlerinin karışımında elde edilen numune fakat zaman değeri çok büyük (492 dakika). En iyi kuruma hızı / dış görünüşü oranına sahip olan numune – dondurarak ve mikrodalga yöntemlerinin birlikte kurutulmasından sonra (184,5 dakika).

Mikrodalga fırın, kızılötesi kurutucusunda ve dondurarak kurutucusunda kurutulan bıldırcın etinin dilimleri nem içeriği değerleri hesaplarak kurutma grafikleri çizilmiş, istenilen nem değerine mikrodalga fırınında en kısa 3,5 dakikada, kızılötesi kurutucusunda 315 dakikada, dondurarak kurutucusunda ise 420 dakikada ulaşıldı.

Mikrodalga fırında güç seviyeleri arttıkça kuruma süresi kısalırken efektif difüzyon katsayı değerleri artmıştır. Efektif nem difüzyon katsayısı, 140 W için $1,36 \times 10^{-8}$ m^2/s, 210 W $3,07 \times 10^{-8}$ m^2/s, 350 W $5,39 \times 10^{-8}$ m^2/s olarak hesaplanmıştır.

Aynı şekilde kızılötesi yöntemi kullanırken ve sıcaklık arttıkça kuruma süreleri kısalırken efektif difüzyon katsayıları artış göstermiştir. Efektif nem difüzyon katsayıları, 60 ℃'de $3,03 \times 10^{-10}$ m^2/s, 70 ℃ $4,41 \times 10^{-10}$ m^2/s, 80 ℃ $5,87 \times 10^{-10}$ m^2/s olarak bulunmuştur.

Dondurarak kurutma yönteminde en yüksek efektif nem difüzyon değerini % 20 tuzlu suda haşlama ön işlemini görmüş olan numune göstermiştir ($5,87 \times 10^{-10}$ m^2/s). En düşük değer ön işlemsiz numunede – $3,32 \times 10^{-10}$ m^2/s, ortada ise % 10 tuzlu suda haşlama ön işlemli dilimidir – $4,05 \times 10^{-10}$ m^2/s.

Dondurarak kurutma sonrası elde edilen ürün görüntüsü mikrodalga ve kızılötesi kıyasladığımızda renk ve şekil bakımından daha iyi ıspatlamışken üç yöntem için kurutma süreleri kıyaslandığımızda mikrodalga fırında süreç büyük bir farkla daha kısa sürdüğünü göstermiştir. Aynı zamanda efektif nem difüzyon katsayıları dikkatimize alırken daha yüksek değerler mikrodalga metoduna ait olduğunu fark edilmiştir. Böylece, mikrodalga kurutma enerji tasarrufu açısından avantajlı olarak tespit edilmiştir.

Bu araştırmanın devamında bıldırcın etinin kurutmadan önce ve sonrası besin değerleri ve mikro ve makro elementlerin oranları ölçülebilir ve farklı yöntemlerden hangisi daha iyi korumasını sağlar tespit edilebilir. Ayrıca kurutulmuş bir gıda maddesinin kalitesini belirlemek için rehidrasyon yeteneği incelenebilir.

KAYNAKÇA

[1] S. K. Amit, Md. M. Uddin, R. Rahman, S. M. Rezwanul Islam, M. Samad Khan, "A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing," *Agriculture & Food Security*, vol. 6:51, pp. 1–22, 2017.

[2] P. Guzik, A. Szymkowiak, P. Kulawik, M. Zajac, "Consumer Attitudes towards Food Preservation Methods," *Foods*, vol. 11, 1349, pp. 1–14, 2022.

[3] Y. Xu, Y. Xiao, C. Lagnika, D. Li, C. Liu, N. Jiang, J. Song, M. Zhang, "A comparative evaluation of nutritional properties, antioxidant capacity and physical characteristics of cabbage (Brassica oleracea var. Capitate var L.) subjected to different drying methods," *Food Chemistry*, vol. 309, pp. 1–8, 2020.

[4] K. An, D. Zhao, Zh. Wang, J. Wu, Y. Xu, G. Xiao, "Comparison of different drying methods on Chinese ginger (Zingiber officinale Roscoe): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure," *Food Chemistry*, vol. 300, pp. 1–9, 2015.

[5] S. B. Sasongko, H. Hadiyanto, M. Djaeni, A. M. Perdanianti, F. W. Utari, "Effects of drying temperature and relative humidity on the quality of dried onion slice," *Heliyon*, vol. 6, pp. 1–9, 2020.

[6] G-L. Chen, B. Lin, F-J. Zheng, W-H. Yu, X-C. Fang, Q. Shi, Y-F. Hu, K. K. Verma, "Comparison of Different Drying Methods for Asparagus [Asparagus cochinchinensis (Lour.) Merr.] Root Volatile Compounds as Revealed Using Gas Chromatography Ion Mobility Spectrometry," *Frontiers in Nutrition*, vol. 9, pp. 1–12, 2022.

[7] İ. Kırbaşa, A. D. Tuncer, C. Şirin, H. Usta, "Modeling and developing a smart interface for various drying methods of pomelo fruit (Citrus maxima) peel using machine learning approaches," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 165, pp. 1–8, 2019.

[8] R. L. Monteiro, J. V. Link, G. Tribuzi, B. A. M. Carciofi, J. B. Laurindo, "Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices," *Journal of Food Engineering*, vol. 232, pp. 1–10, 2018.

[9] S.V. Simonenko, E.S. Simonenko, I.S. Krasnova, G.V. Semenov, "Expasıon of application and terms of use of freeze-dried fruits of feijoa in food formulations," *International journal of applied and fundamental researches*, vol. 11–2, pp. 224–227, 2018.

[10] L-l. Huang, M. Zhang, A. S. Mujumdar, R-x. Lim, "Comparison of four drying methods for re-structured mixed potato with apple chips," *Journal of Food Engineering*, vol. 103, pp. 278–384, 2011.

[11] E. Aykın-Dinçer, M. Erbaş, "Quality characteristics of cold-dried beef slices," *Meat Science*, vol. 155, pp. 36–42, 2019.

[12] Sh. Shi, M. Zhao, Y. Li, B. Kong, Q. Liu, F. Sun, W. Yu, X. Xia, "Effect of hot air gradient drying on quality and appearance of beef jerky," *LWT – Food Science and Technology*, vol. 150, pp. 1–9, 2021.

[13] Z. Liu, W. Zheng, C. Shen, H. Yang, M. He, Y. Zhang, C. Zhao, Z. Zhao, "Effect of different drying methods on the physical properties of pork jerky," *International Journal of Gastronomy and Food Science*, pp. 1–20, 2022.

[14] W. B. Chaoucha, A. Khellaf, A. Mediani, M. El Amine Slimani, A. Loumani, A. Hamid, "Experimental investigation of an active direct and indirect solar dryer with sensible heat storage for camel meat drying in Saharan environment," *Solar Energy*, vol. 174, pp. 328–341, 2018.

[15] A. S. Kipcak, O. Ismail, "Microwave drying of fish, chicken and beef samples, " *Journal of Food Scince and Technology*, vol. 58 (1), pp. 281–291, January 2021.

[16] F. Elmas, A. Bodruk, Ö. Köprüalan, Ş. Arıkaya, N. Koca, F. M. Serdaroğlu, F. Kaymak-Ertekin, M. Koç, "Drying kinetics behavior of turkey breast meat in different drying methods," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 43, pp. 1–11, 2020.

[17] K. Namwong, P. Punnarapong, W. Pimda, “Thermal analysis of hot air drying of chicken manure pellets in a modified portable horizontal rotary dryer,” *Heat and Mass Transfer*, vol. 58, pp. 1997–2007, 2022.

[18] E. C. López-Vidaña, A. Domínguez Niño, O. García-Valladares, I. Pilatowsky Figueroa, M. Castillo Téllez, B. Castillo-Téllez, “Indirect and mixed-mode solar drying and its effect on physicochemical properties of raw and cooked chicken breast meat,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 46, pp. 1–11, 2022.

[19] W. ManGang, W. JunShan, D. LiKun, W. JiaHao, L. Rui, G. QingFeng, Y. Hai, “Effects of different drying methods on drying chicken cubes,” *Food and Fermentation Industries*, vol. 45, no.7, pp. 235–241, 2019.

[20] A. U. de Souza, J. L. Gomes Correa, D. Hideki Tanikawa, F. Rezende Abrahao, J. R. de Jesus Junqueira, E. Corona Jimenez, “Hybrid microwave-hot air drying of the osmotically treated carrots,” *LWT – Food Science and Technology*, vol. 156, pp. 1–8, 2022.

[21] F. Ren, C. A. Perussello, Z. Zhang, J. P. Kerry, B. K. Tiwari, “Impact of ultrasound and blanching on functional properties of hot-air dried and freeze dried onions,” *LWT – Food Science and Technology*, vol. 87, pp. 102–111, January 2018

[22] R. M. Carneiro da Cunha, S. C. Rupert Brandão, R. A. Batista de Medeiros, E. Vieira da Silva Júnior, J. H. Fernandes da Silva, P. Moreira Azoubel, “Effect of ethanol pretreatment on melon convective drying,” *Food Chemistry*, vol. 333, pp. 1–7, 2020.

[23] Z. O. Ozyalcin, A. S. Kipcak, “The Effect of Ultrasonic Pre-Treatment on the Temperature Controlled Infrared Drying of Loligo vulgaris and Comparison with the Microwave Drying,” *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 21 (3), pp. 135–145, 2020.

[24] C. E. Pérez-Cervera, A. Aleán Marlon, L. K. Martínez-Navarro, M. J. Tavera-Quiroz, R. D. Andrade-Pizarro, “Influence of pre-treatment and drying process of the shrimp (Litopenaeus vannamei) exoskeleton for balanced feed production,” *Heliyon*, pp. 1–16, 2022.

[25] G. Morbiatoa, A. Zambona, M. Toffolettob, G. Poloniatoc, S. Dall'Acquac, M. de Bernardb, S. Spilimbergoa, "Supercritical carbon dioxide combined with high power ultrasound as innovate drying process for chicken breast," *The Journal of Supercritical Fluids*,vol. 147, pp. 24–32, 2019.

[26] E. Demiray, H. Ergezer, O. Özünlü, R. Gökçe, "Influence of hot-air drying on drying kinetics and some quality parameters of sliced chicken breast meat," *Research Square*, pp. 1–29, 2022.

[27] M. Başlar, M. Kılıçlı, O. S. Toker, O. Sağdıç, M. Arici, "Ultrasonic vacuum drying technique as a novel process for shortening the drying period for beef and chicken meats," *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 26, pp. 182–190, 2014.

[28] M. J. Cantalejo, F. Zouaghi, I. Perez-Arnedo, "Combined effects of ozone and freeze-drying on the shelf-life of Broiler chicken meat," *LWT – Food Science and Technology*, vol. 68, pp. 400–407, 2016.

[29] G. J. E. von Gersdorff, V. E. Porley, S. K. Retz, O. Hensel, S. O. J. Crichton, B. Sturm, "Drying behavior and quality parameters of dried beef (biltong) subjected to different pre-treatments and maturation stages," *Drying Technology*, vol. 36:1, pp. 21-32, 2018.

[30] E. Aykın-Dinçer, M. Erbaş, "Drying kinetics, adsorption isotherms and quality characteristics of vacuum dried beef slices with different salt contents," *Meat Science*, vol. 145, pp. 114–120, 2018.

[31] K. Arya, R. Gupta, V. L. Saxena, "Quail survey: Elaborative information and its prospects," *Research Journal of Life Science, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, vol. 4 (4), pp. 209, 2018.

[32] G. B. Chang, H. Chang, X. P. Liu, W. Xu, H. Y. Wang, W. M. Zhao, O. Olowofeso, "Developmental research on the origin and phylogeny of quails," *Worlds Poult. Sci. J.*, vol. 61, pp. 105–112, 2005.

[33] H. Lukanov, "Domestic quail (*Coturnix japonica domestica*), is there such farm animal?," *Worlds Poult. Sci*., vol. 75, pp. 547–558, 2019.

[34] R. Fitter, "*Coturnix coturnix* Quail," in *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Vol.*

II: Hawks to Bustards, 4th edition, S. Cramp, Ed. Oxford: Oxford University Press, 1980, pp. 496–503.

[35] G. B. Chang, H. Chang, X. P. Liu, W. M. Zhao, D. J. Ji, Y. J. Mao, G. M. Song, X. K. Shi, "Genetic diversity of wild quail in China ascertained with microsatellite DNA markers," *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 20, pp. 1783–1790, 2007.

[36] M. Mizutani, "The Japanese quail", Laboratory Animal Research Station, Nippon Institute for Biological Science, Kobuchizawa, Yamanashi, Japan, p. 408, 2003.

[37] J. K. Kovach, "The behaviour of Japanese quail: Review of literature from a bioethological perspective," *Applied Animal Ethology*, vol.1, pp. 77–102, 1974.

[38] Z. Y. Kuo, "Studies on the basic factors in animal fighting: II. Nutritional factors affecting fighting behaviour in Quail," *The Journal of Genetic Psychology*, vol. 96, pp. 207–216, 1960.

[39] A. D. Mills, L.L. Crawford, M. Dojan, J.M. Faure, "The behavior of the Japanese or domestic quail *Coturnix japonica*," *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 21, pp. 261–281, 1997.

[40] M. G. Morgan, "Three Non-Roman Blood Sports," *The Classical Quarterly*, vol. 25, pp. 117–122, 1975.

[41] D. Roy, "Origin and history of poultry species," in *Poultry breeding and genetics*, R. D. Crawford, Ed. Amsterdam: Elsevier, 1990, pp. 1–41.

[42] J.R. Howes, "Managing Coturnix quail for research work," *Quail Quart*, vol.1, pp. 31–40, 1964.

[43] N. Wakasugi, "Japanese quail" in *Evolution of domesticated animals*, I.I. Mason, Ed. London: Longman, pp. 319–321, 1984.

[44] A. Genchev, "Production characteristics of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) from Pharaoh and Manchurian Golden breeds," D. Sc. thesis, Trakia University, Stara Zagora, 2014.

[45] R. Donchev, I. Angelov, “Industrial breeding of Japanese quail at our place,” *Jivotnovadstvo*, vol. 7, pp. 49–51, 1971.

[46] G. B. Chang, X. P. Liu, H. Chang, G. H. Chen, W. M. Zhao, D. J. Ji, R. Chen, Y. R. Qin, X. K. Shi, G. S. Hu, “Behavior differentiation between wild Japanese quail, domestic quail, and their first filial generation,” *Poultry Science*, vol. 88 pp. 1137–1142, 2009.

[47] K. M. Cheng, M. Kimura, “Mutation and major variants in Japanese quail,” in *Poultry breeding and genetics Part 2*, R. D. Crawford, Ed. Amsterdam: Elsevier, 1990, pp. 333–363.

[48] M. Tsudzuki, “Mutations of Japanese quail (*Coturnix japonica*) and recent advances of molecular genetics for this species,” *The Journal of Poultry Science*, vol. 45 pp. 159–179, 2008.

[49] G. B. Chang, H. Chang, H.L. Zheng, “Study on phylogenetic relationship between wild Japanese quail in the Weishan lake area and Domestic quail,” *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 14, pp. 603–607, 2001.

[50] S. Deregnacourt, J.C. Guyomarch, M. Belhamra, “Comparison of migratory tendency in European quail *Coturnix c. coturnix*, domestic Japanese quail *Coturnix c. japonica* and their hybrids,” *Ibis*, vol. 147, pp. 25–36, 2005.

[51] C.R. Nichols, “A comparison of the reproductive and behavioural differences in feral and domestic Japanese quail,” Ph. D. thesis, University of British Columbia, 1991.

[52] K.M. Cheng, D.C. Bennet, A.D. Mills, “The Japanese Quail,” in *The UFAW Handbook on The Care and Management of Laboratory and Other Animals*, 8th edition, R. Hubrecht & J. Kirkwood, Eds. Wiley-Blackwell publishing, 2010, pp. 655–674.

[53] W. O. Wilson, B. Anderson, T. D. Siopes, “Importation of wild strain Japanese quail (wild coturnix) offers new game bird possibility,” *California Agriculture*, vol. 7, pp. 5–6, 1971.

[54] L. Maruccio, L. Castaldo, L. D’Angelo, C. Gatta, C. Lucini, C. Cotea, …, E. L. Nechita, “Neurotrophins and specific receptors in the oviduct tracts of

Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*)," *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*, vol. 207, pp. 38–46, 2016.

[55] A. Jeke, C. Phiri, K. Chitindingu, P. Taru, "Ethnomedicinal use and pharmacological potential of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) birds` meat and eggs, and its potential implications on wild quail conservation in Zimbabwe: A review," *Cogent Food & Agriculture*, vol. 4 (1), pp. 1–12, 2018.

[56] C. L. Greenfield, J. E. Dohms, R. R. Dietert, "Infectious Bursal Disease Virus Infection in the Quail-Chicken Hybrid," *Avian Diseases*, vol. 30, no. 3, pp. 536–542, 1986.

[57] A. B. G. Faitarone, A. C. Pavan, C. Mori, L. S. Batista, R. P. Oliveira, E. A. Garcia, C. C. Pizzolante, A. A. Mendes, M. R. Sherer, "Economic Traits and Performance of Italian Quails Reared at Different Cage Stocking Densities," *Brazilian Journal of Poultry Science*, vol. 7, no. 7, pp. 19–22, 2005.

[58] A. Aygun, D. Sert, "Effects of prestorage application of propolis and storage time on eggshell microbial activity, hatchability, and chick performance in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs," *Poultry Science*, vol. 92(12), pp. 3330–3337, 2013.

[59] A. S. Jatoi, A. W. Sahota, M. Akram, K. Javed, J. Hussain, S. Mehmood, M. H. Jaspal, "Response of different body weights on blood serum chemistry values in four close-bred flocks of adult Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*)," *Pak. J. Zool*, vol. 45, pp. 1215–1220, 2013.

[60] A. Nasar, A. Rahman, N. Hogue, A. K. Talukder, Z. C. Das. "A survey of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) farming in selected areas of Bangladesh," *Vet. World*, vol. 9, pp. 940–947, 2016.

[61] M. H. Asia, A. M. Dejeen, N. H. Khabat, H. H. Shekhmous, "Comparison Among Three Lines of Quail for Egg Quality Characters," *Science Journal of University of Zakho*, vol. 5, no. 4, pp. 296–300, 2017.

[62] K. E. Yambayamba, P. C. Chileshe, "Effect of Increased Photoperiod on Feed Intake, Egg Production and Egg Size in Japanese Quail (*Coturnix*

japonica) Under Zambian Conditions," *EC Veterinary Science*, vol. 4, pp. 334–342, 2019.

[63] P. Brago, G. Danso-Abbeam, A. A. Ogundeji, J. Abankwa, D. S. Ehiakpor, J. A. Awuni, A. P. Aduku, G. Dagunga, "Consumers' willingness to pay for quail products in Tamale metropolis, Ghana," *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 10, pp. 1–7, 2022.

[64] J. K. Northcutt, A. Buyukyavuz, P. L. Dawson, "Quality of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs after extended refrigerated storage," *Journal of Applied Poultry Research*, vol. 31, no. 3, pp. 1–8, 2022.

[65] F. Minvielle, "The future of Japanese quail for research and production," *World's Poultry Science Journal*, vol. 60, pp. 500–507, 2004.

[66] S. Pankova, "Development of quail growing in Ukraine," *Bulletin of Agricultural Science*, vol. 4 (806), pp. 1–5, 2020.

[67] R. G. T. da Cunha, "Quail meat – an undiscovered alternative," *World Poultry*, vol. 25, no. 2, pp. 12–14, 2009.

[68] M. R. Tobin, J. L. Goldshear, L. B. Price, J. P. Graham, J. H. Leibler, "A framework to reduce infectious disease risk from urban poultry in the United States," *Public Health Rep*., vol. 130, pp. 380–391, 2015.

[69] USDA. (2024, February). *2022 Census of agriculture* [Online]. Available: https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2022/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.pdf

[70] Hy-Line North America. (2022). [Online]. Available: https://hylinena.com/

[71] Ideal Poultry. (2022). [Online]. Available: https://www.idealpoultry.com/

[72] Jackson Farms BLRW. (2022). [Online]. Available: https://jacksonfarmsblrw.business.site/?hl=en

[73] Keith Smith Company. (2022). [Online]. Available: https://www.keith-smith.com/

[74] Nelson Poultry Farms. (2022). [Online]. Available: https://www.nelsonfamilyfarms.us/products

[75] O. I. Kasianenko, M. M. Sobyna, “Rehionalne roztashuvannia ta potuzhnosti vyrobnytstva perepelynykh ptakhohospodarstv v Ukraini [Regional location and production capacity of quail poultry farms in Ukraine],” *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series “Veterinary Medicine”*, vol. 1, pp. 71–73, 2012. [In Ukrainian].

[76] K. Premavalli, A. Ashok, A. V. Omprakash, M.Babu, “Broiler Japanese quail rearing – a boon for both urban and rural poultry farmers,” *J Veterinar Sci Technol*, vol. 6, no. 96, 2015.

[77] R. Buragohain, “Prospects of quail farming in Northeast India,” *North-East Veterinarian*, vol. 8(1), pp. 4–6, 2008.

[78] TARIMSAL EKONOMİ VE POLİTİKA GELİŞTİRME ENSTİTÜSÜ (TEPGE). (2021, Ocak) *Tarım Ürünleri Piyasaları BILDIRCIN* [Online]. Available: https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021-Ocak%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/B%C4%B1ld%C4%B1rc%C4%B1n%20OCAK%202021,Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu.pdf

[79] L. Ioniță, E. Popescu-Micloșanu, C. Roibu, I.Custură, “Bibliographical Study Regarding The Quails’ Meat Quality in Comparison to The Chicken and Duck Meat,” *Lucrări Ştiinţifice*, vol. 56, Seria Zootehnie, pp. 224–229, 2011.

[80] M. U. H. Joardder, M. H. Masud, “A Brief History of Food Preservation,” *Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions*, pp. 57–66, 2019.

[81] N. Kian-Pour, “Fundamental Drying Techniques Applied in Food Science and Technology,” *International Journal of Food Engineering Research (IJFER)*, vol. 6, no. 1, pp. 35–63, 2020.

[82] A. Mulet, M. Blasco, J. Garcia-Reverter, J. V. Garcia-Perez, “Drying kinetics of Curcuma longa rhizomes,” *J. Food Sci.*, vol. 70, pp. 318–323, 2005.

[83] A. Djebli, S. Hanini, O. Badaoui, B. Haddad, “Modeling and comparative analysis of solar drying behavior of potatoes,” *Renewable Energy*, vol. 145, pp. 1494–1506, 2020.

[84] N. Ahmed, J. Singh, H. Chauhan, P. G. A. Anjum, H. Kour, “Different Drying Methods: Their Applications and Recent Advances,” *International Journal of Food Nutrition and Safety*, vol. 4 (1), pp. 34–42, 2013.

[85] U. Toshniwal, S. R. Karale, “A Review Paper on Solar Dryer,” *International Journal of Engeneering*, vol. 3, pp. 896–902, 2013.

[86] K. K. Hnin, M. Zhang, A. S. Mujumdar, Y. Zhu, “Emerging food drying technologies with energy-saving characteristics: A review,” *Drying Technology*, vol. 37 (12), pp. 1465–1480, 2019.

[87] M. H. Riadh, S. A. Ahmad, M. H. Marhaban, A. Soh, “Infrared heating in food drying: An overview,” *Drying Technology*, vol. 33, pp. 322–335, 2015.

[88] P. Sakare, N. Prasad, N. Thombare, R. Singh, S. C. Sharma, ”Infrared Drying of Food Materials: Recent Advances,” *Food Engineering Reviews*, vol. 12, pp. 381–398, 2020.

[89] O. Bualuang, Y. Tirawanichakul, S. Tirawanichakul, “Comparative study between hot air and infrared drying of parboiled rice: kinetics and qualities aspects,” *J Food Process Preserv*, vol. 37, pp. 1119–1132, 2013.

[90] J. Raso, G. V. Barbosa-Canovas, “Nonthermal Preservation of Foods Using Combined Processing Techniques,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutrit*, vol. 43, pp. 265–285, 2003.

[91] H. S. El-Mesery, H. Mao, “Investigation of Infrared Assisted Dryer Effect on Energy Consumption During Drying of Tomato,” *Int. J. Adv. Appl. Sci*., vol. 4, pp. 68–72, 2017.

[92] L. L. Huang, M. Zhang, L. P. Wang, A. S. Mujumdar, D. F. Sun, “Influence of Combination Drying Methods on Composition, Texture, Aroma and Microstructure of Apple Slices,” *LWT–Food Sci. Technol*., vol. 47, pp. 183–188, 2012.

[93] M. Maskan, “Microwave/Air and Microwave Finish Drying of Banana,” *J. Food Eng*., vol. 44, pp. 71–78, 2000.

[94] B. Kose, S. Erenturk, "Drying Characteristics of Mistletoe (*Viscum Album L.*) in Convective and UV Combined Convective Type Dryers," *Ind. Crops Prod.*, vol. 32, pp. 394–399, 2010.

[95] L-l. Huang, M. Zhang, "Trends in Development of Dried Vegetable Products as Snacks," *Dry. Technol*., vol. 30, pp. 448–461, 2012.

[96] M. Mirza, "Isı Pompalı Kurutucun Isıl Tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 2006.

[97] Ö. Öz, "Dondurarak Kurutma Yöntemi ile Çözünebilir Çay Üretimi," Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 2009.

[98] A. Yağcıoğlu, "Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği, Yardımcı Ders Kitabı," Ege Üniversitesi Yayını, İzmir, 1999.

[99] J. I. De-Corcuera, J. R. Cavalieri, J. R. Powers, "Blanching of foods," in *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*, D.R. Heldman Ed. New York: Marcel Dekker, 2004, pp. 1–5.

[100] S.A. Goldblith, "Condensed History of the Science and Technology of Thermal Processing. Part 1," *Food Technol.*, vol. 25 (12), pp. 44–46, 48–50, 1971.

[101] S.A. Kaloyereas, "On the history of food preservation," *JSTOR*, vol. 71 (6), pp. 422–424, 1950.

[102] D. Knorr, M. Zenker, V. Heinz, D. U. Lee, "Applications and potential of ultrasonics in food processing," *Trends Food Sci. Technol*., vol. 15, pp. 261–266, 2004.

[103] N. K. Rastogi, "Opportunities and challenges in application of ultrasound in food processing," *Crit. Rev. Food Sci*., vol. 51, pp. 705–722, 2011.

[104] L. Zheng, D. W. Sun, "Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes – a review," *Trends Food Sci. Technol*., vol. 17, pp. 16–23, 2006.

[105] T.S. Awad, H. A. Moharram, O. E. Shaltout, D. Asker, M.M. Youssef, "Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: a review," *Food Res. Int*., vol. 48, pp. 410–427, 2012.

[106] D. Pingret, A.S. Fabiano-Tixier, F. Chemat, "Degradation during application of ultrasound in food processing: a review," *Food Control*, vol. 31, pp. 593–606, 2013.

[107] M. Ashokkumar, "Applications of ultrasound in food and bioprocessing," *Ultrason. Sonochem*., vol. 25, pp. 17–23, 2015.

[108] Y. K. Pan, L. J. Zhao, Y. Zhang, G. Chen, A. S. Mujumdar, "Osmotic Dehydration Pretreatment in Drying of Fruits and Vegetables," *Drying Technology: An International Journal*, vol. 21:6, pp. 1101-1114, 2003.

[109] A. S. Kıpçak, "Microwave drying kinetics of mussels (*Mytilus edulis*)," *Research on Chemical Intermediates*, vol. 43 (3), pp. 1429–1445, 2017.

[110] Z. Ö. Özyalçın, A. S. Kıpçak, "The Ultrasound Effect on the Drying Characteristics of *Loligo vulgaris* by then Methods of Oven and Vacuum-oven," *Journal of Aquatic Food Product Technology*, vol. 31 (2), pp. 187–199, 2022.

[111] Z. O. Ozyalcin, A. S. Kipcak, N. Tugrul, "The Effect of Various Methods on the Drying Kinetics and Mathematical Modelling of Seabass (*Dicentrarchus labrax*)," *Journal of Aquatic Food Product Technology*, vol. 32:4, pp. 384–395, 2023.

[112] A. Taheri-Garavand, S. Rafiee, A. Keyhani, "EffectIve moisture diffusivity and activation energy of tomato in thin layer dryer during hot air drying," *ITJEMAST*, vol. 2(2), pp. 239–248, 2011.

[113] C. Kara, I. Doymaz, "Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of drying curves of apple pomace," *Heat Mass Transf*., vol. 51 (7), pp. 983–989, 2014.

[114] I. Doymaz, A. S. Kipcak, S. Piskin, "Microwave drying of green bean slices: drying kinetics and physical quality," *Czech J Food Sci*., vol. 33 (4), pp. 367–376, 2015.

[115] M. Aghbashlo, Mh. Kianmehr, S. Khani, M. Ghasemi, "Mathematical modeling of carrot thin-layer drying using new model," *International Agrophysics*, vol. 23, pp. 313–317, 2009.

[116] I. Alibas, “Microwave drying of grapevine (*Vitis vinifera L.*) leaves and determination of some quality parameters,” *Journal of Agricultural Sciences*, vol. 18, pp. 43–53, 2012.

[117] S. Jena, H. Das, “Modelling for vacuum drying characteristics of coconut presscake,” *Journal of Food Engineering*, vol. 79 (1), pp. 92–99, 2007.

[118] O. Ismail, A. S. Kipcak, I. Doymaz, S. Piskin, “Thin-layer drying kinetics of nectarine slices using IR, MW and hybrid methods,” *Bulgarian Chemical Communications*, vol. 49, pp. 92–100, 2017.

[119] H. Darvishi, M. Azadbakht, A. Rezaeiasl, A. Farhang, “Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating,” *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 12, pp. 121–127, 2013.

[120] A. Midilli, H. Kucuk, Z. Yapar, “A new model for single-layer drying,” *Drying technology*, vol. 20 (7), pp. 1503–1513, 2002.

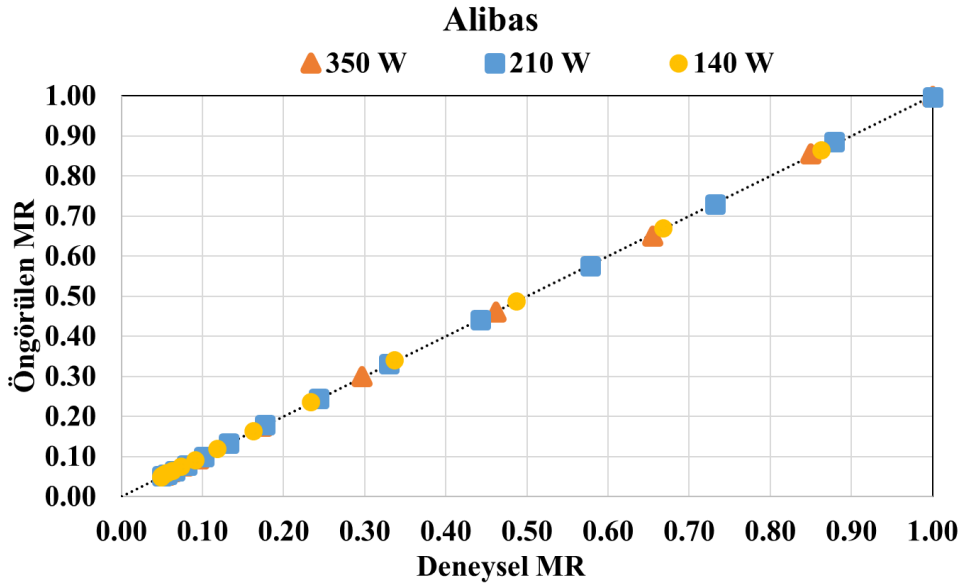
[121] Z. Guan, X.Wang, M. Li, X. Jiang, “Mathematical modeling on hot air drying of thin layer fresh tilapia fillets,” *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 63 (1), pp. 25–33, 2013.

[122] M. Peleg, “An empirical model for the description of moisture sorption curves,” *Journal of Food Science*, vol. 53, no. 4, pp. 1216–1217, 1988.

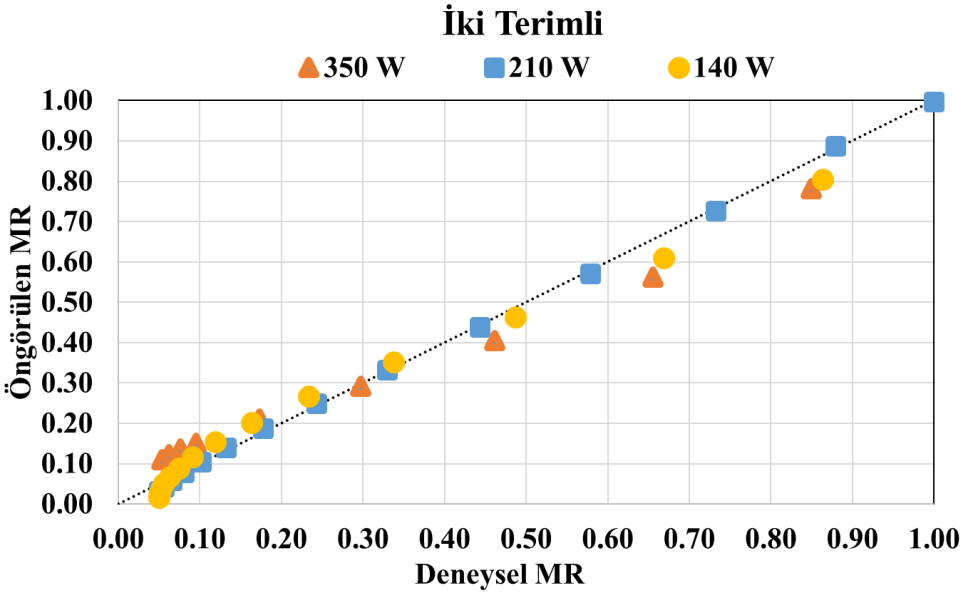
[123] I. Alibas, “Mathematical modeling of microwave dried celery leaves and determination of the effective moisture diffusivities and activation energy,” *Food Sci. Technol, Campinas*, vol. 34 (2), 394–401, 2014.

[124] R. S. Hunter, R. W. Harold, “Uniform Color Scale,” in *The Measurement of Appearance*. 2nd ed., New York: John Wiley and Sons Inc., 1987.

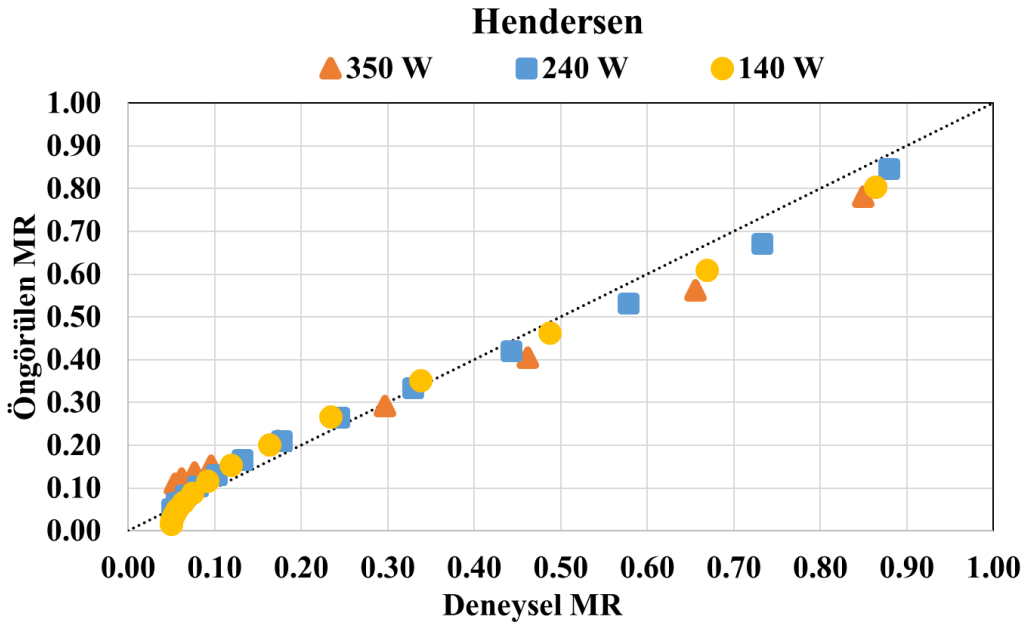
A
MİKRODALGA KURUTMA İLE GERÇEKLEŞEN DENEYLERİN MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ



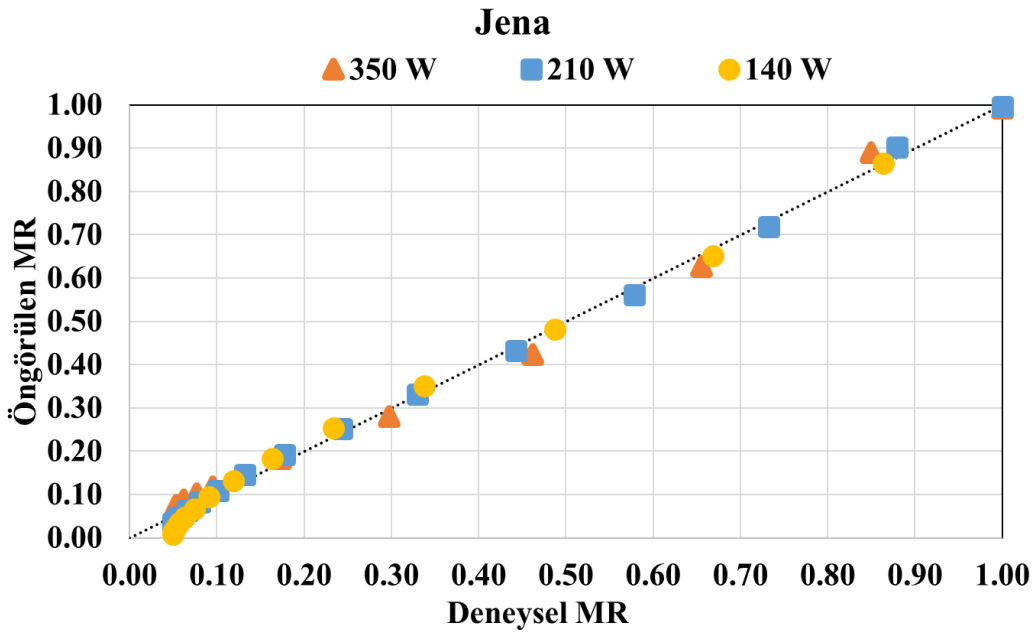
Şekil A.1 Mikrodalga yönteminin Alibaş modelin grafiği.



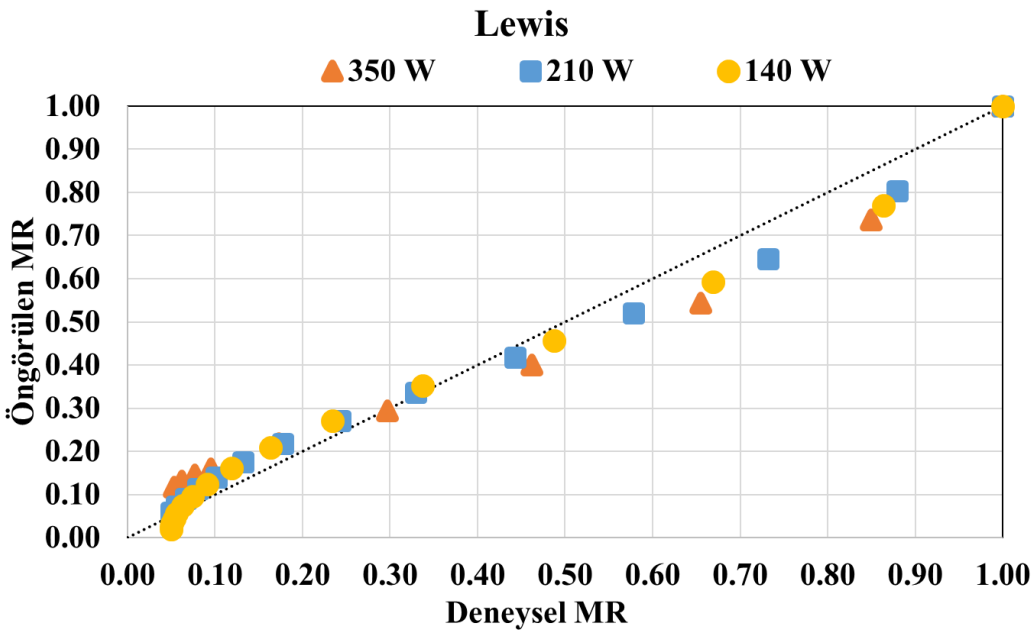
Şekil A.2 Mikrodalga yönteminin İki terimli modelin grafiği.



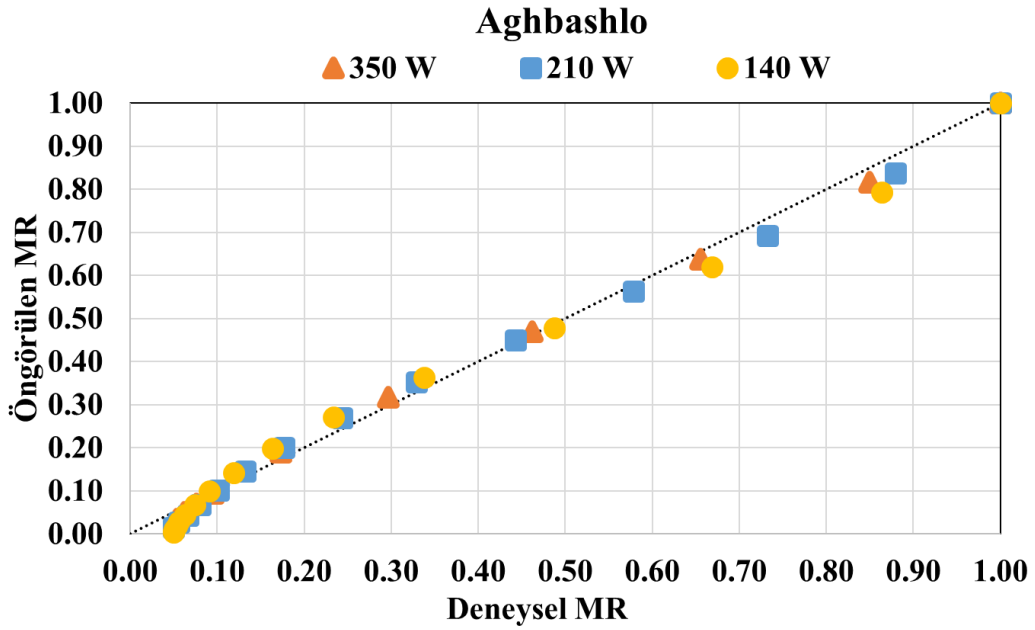
Şekil A.3 Mikrodalga yönteminin Henderson modelin grafiği.



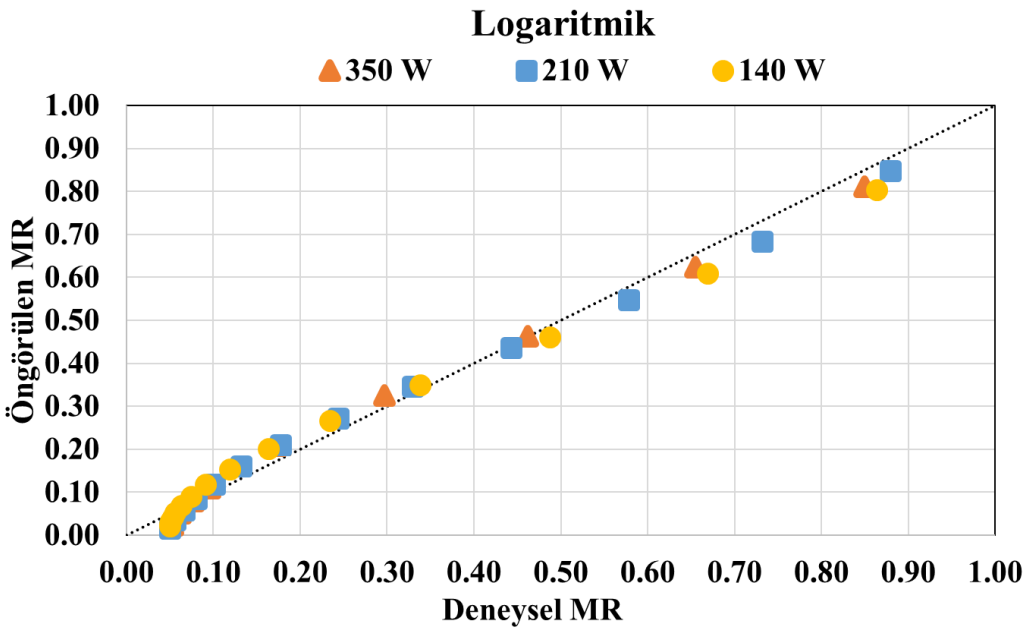
Şekil A.4 Mikrodalga yönteminin Jena modelin grafiği.



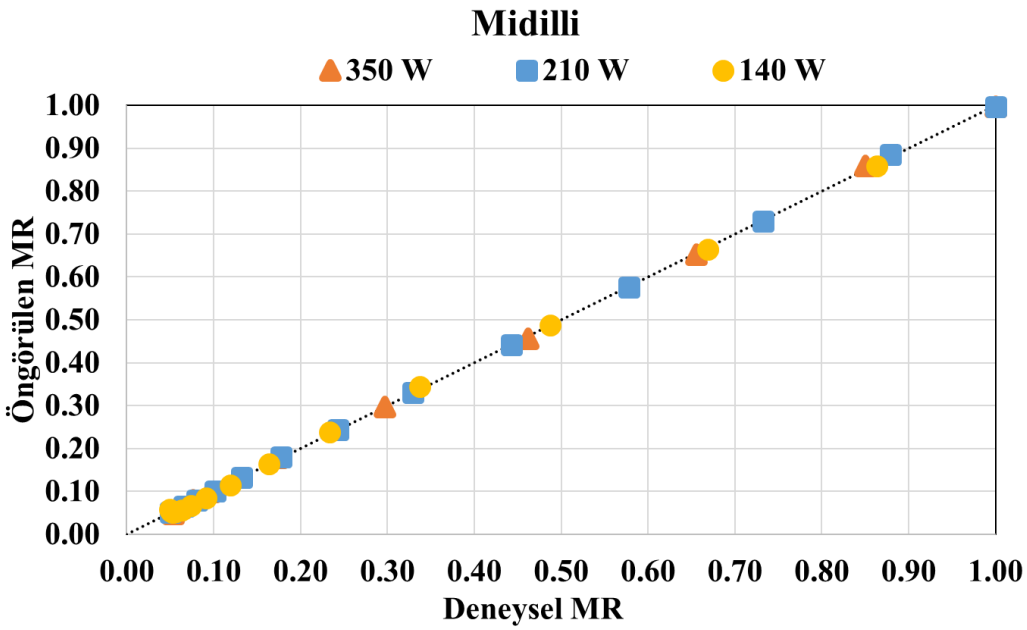
Şekil A.5 Mikrodalga yönteminin Lewis modelin grafiği.



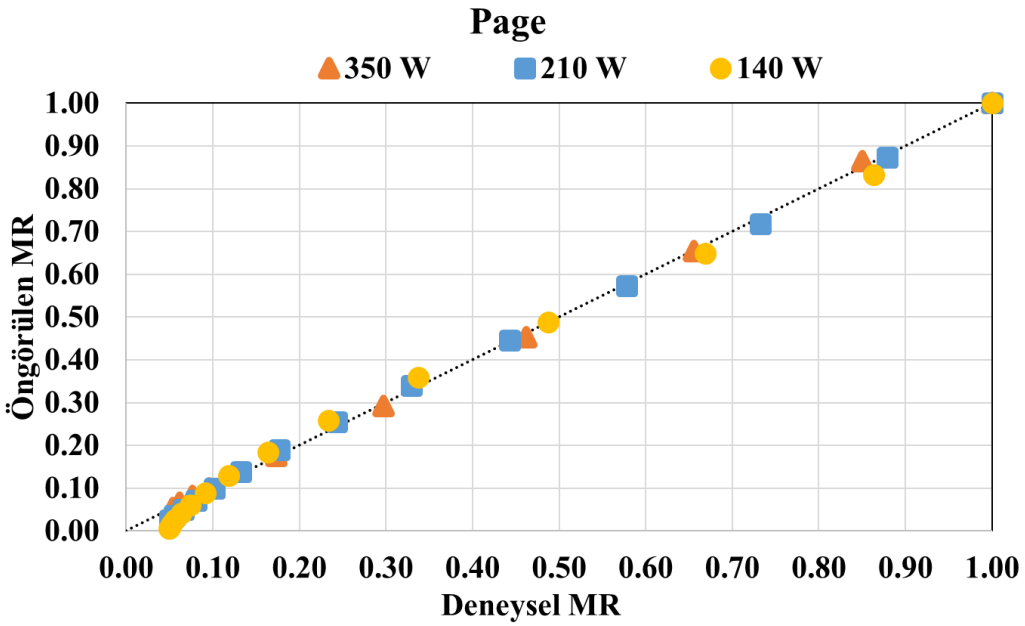
Şekil A.6 Mikrodalga yönteminin Aghbashlo modelin grafiği.



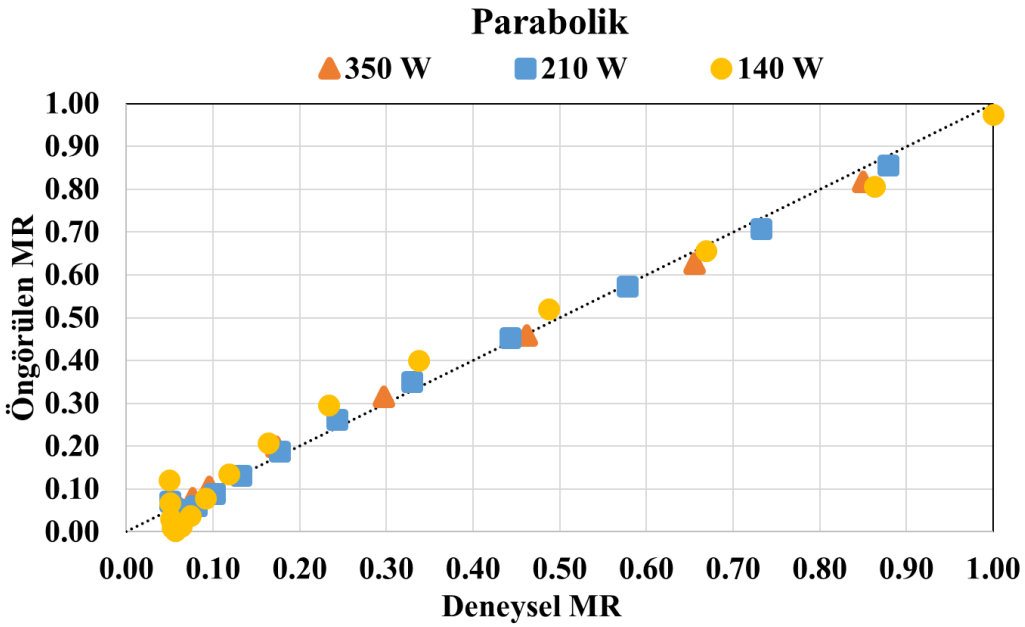
Şekil A.7 Mikrodalga yönteminin Logaritmik modelin grafiği.



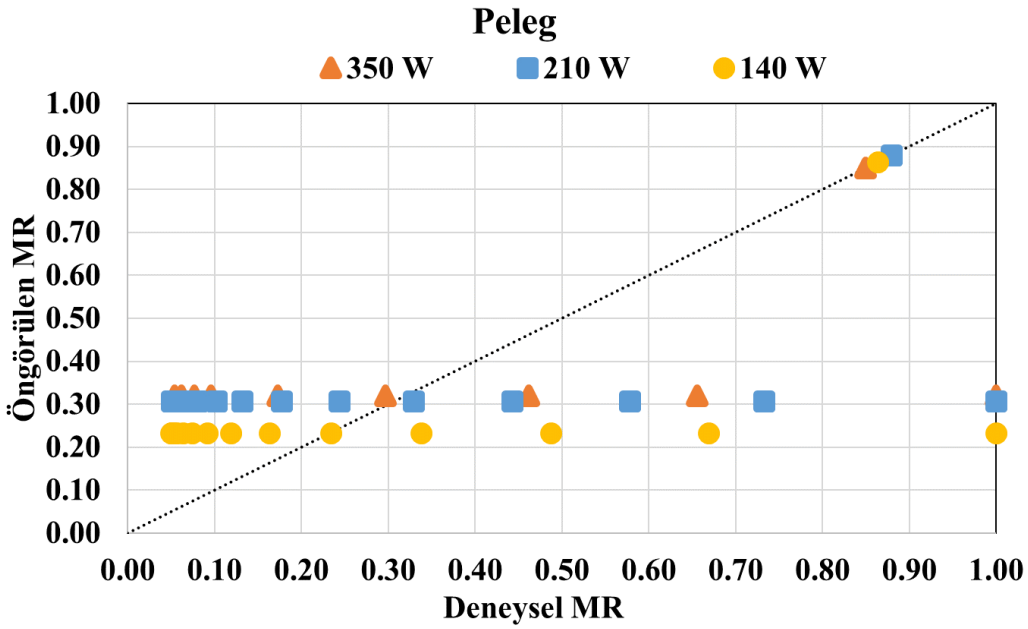
Şekil A.8 Mikrodalga yönteminin Midilli modelin grafiği.



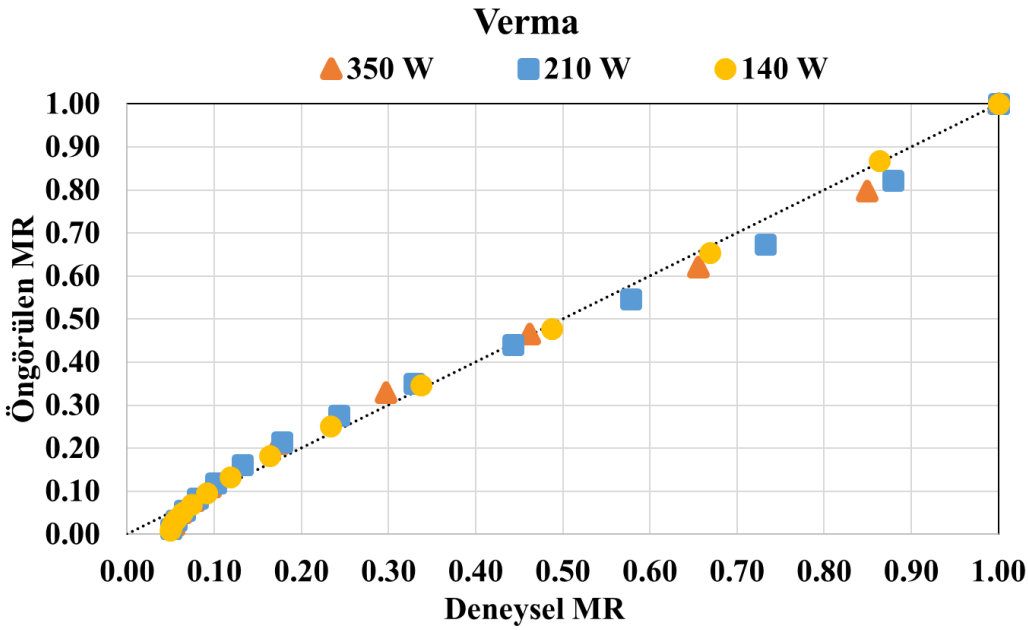
Şekil A.9 Mikrodalga yönteminin Page modelin grafiği.



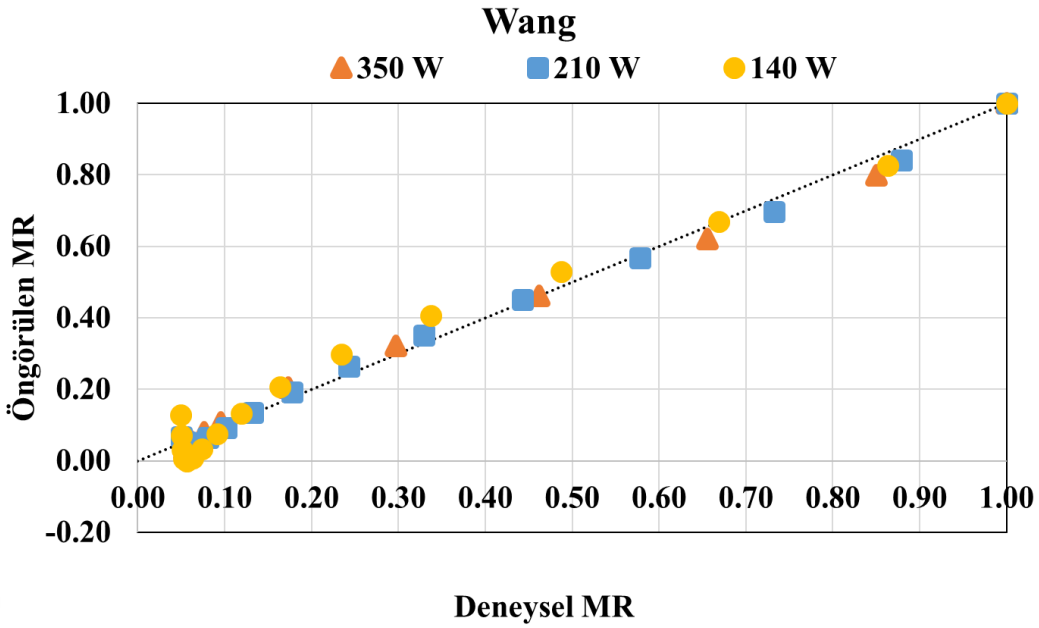
Şekil A.10 Mikrodalga yönteminin Parabolik modelin grafiği.



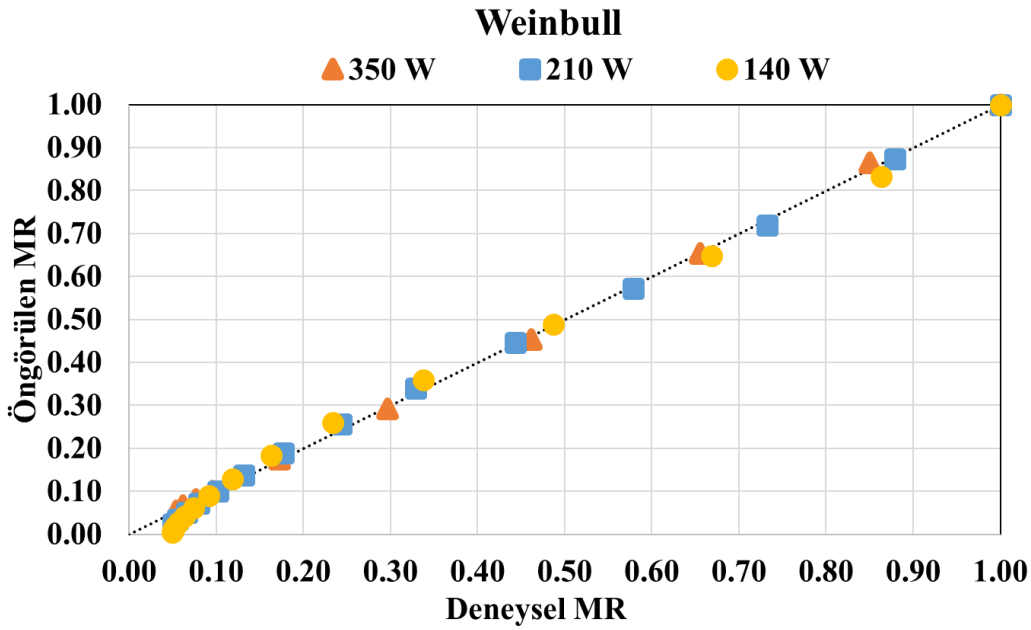
Şekil A.11 Mikrodalga yönteminin Peleg modelin grafiği.



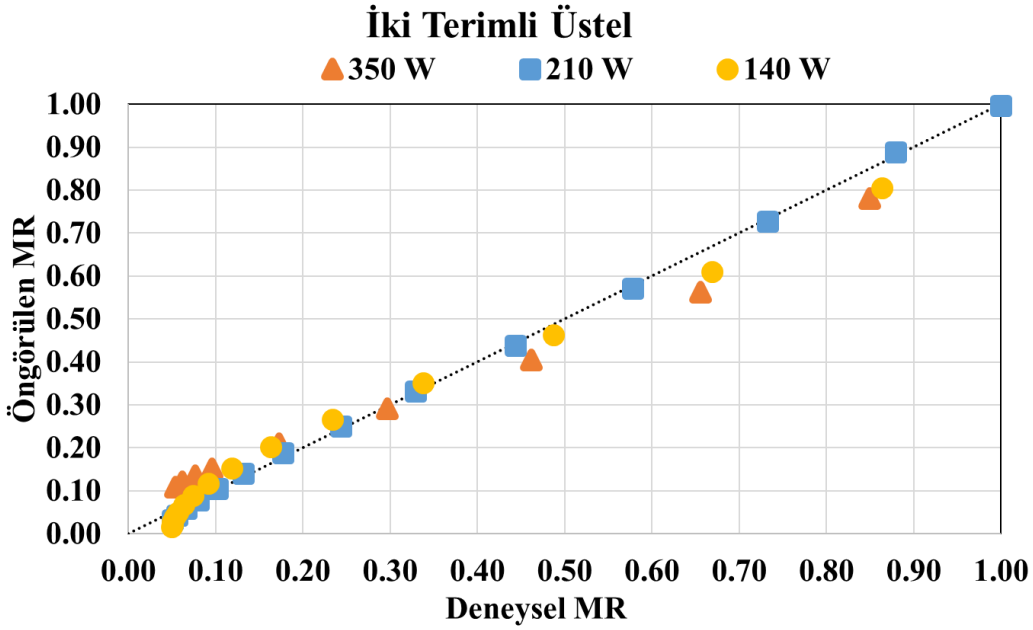
Şekil A.12 Mikrodalga yönteminin Verma modelin grafiği.



Şekil A.13 Mikrodalga yönteminin Wang modelin grafiği.

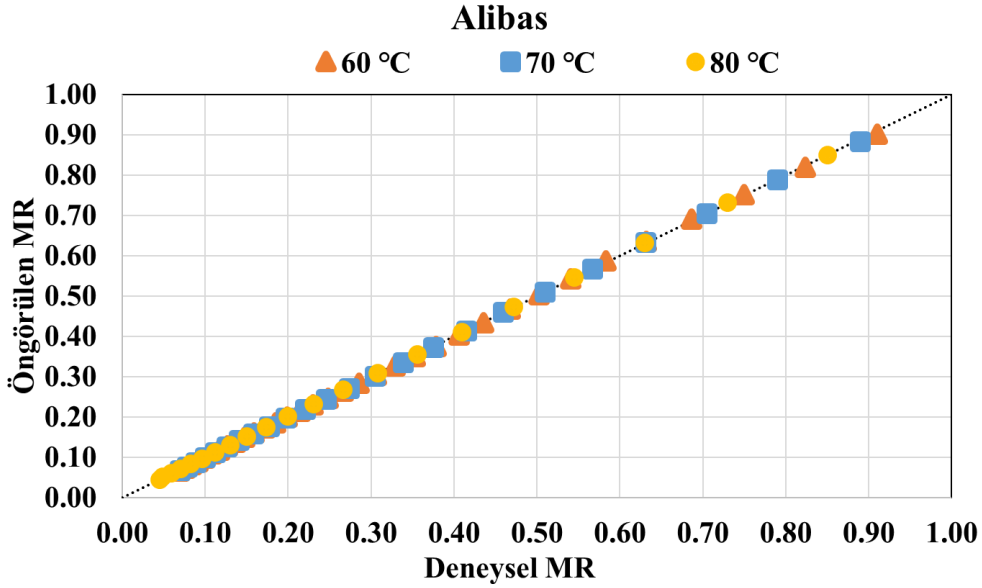


Şekil A.14 Mikrodalga yönteminin Weinbull modelin grafiği.

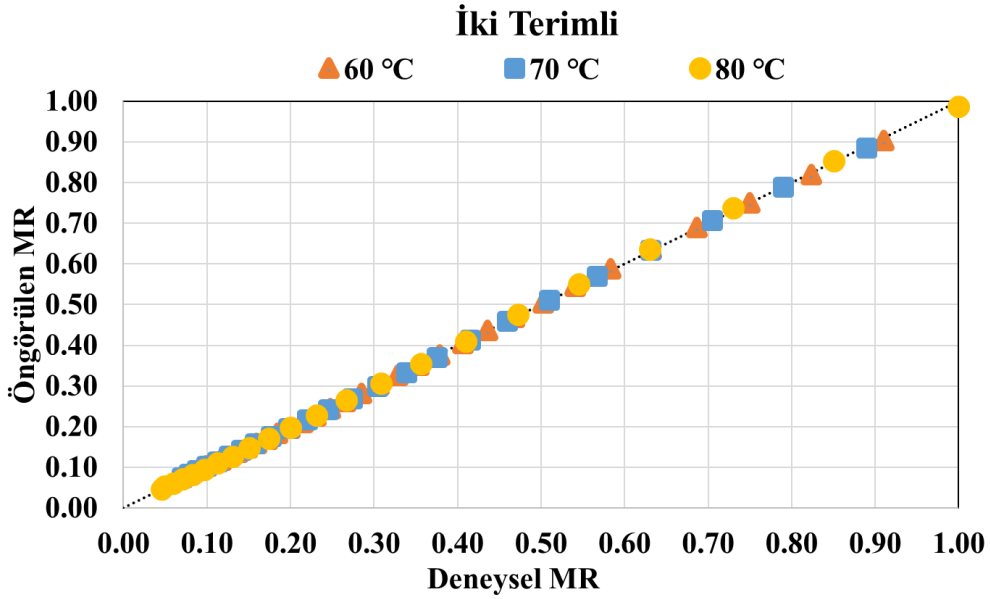


Şekil A.15 Mikrodalga yönteminin İki terimli üstel modelin grafiği.

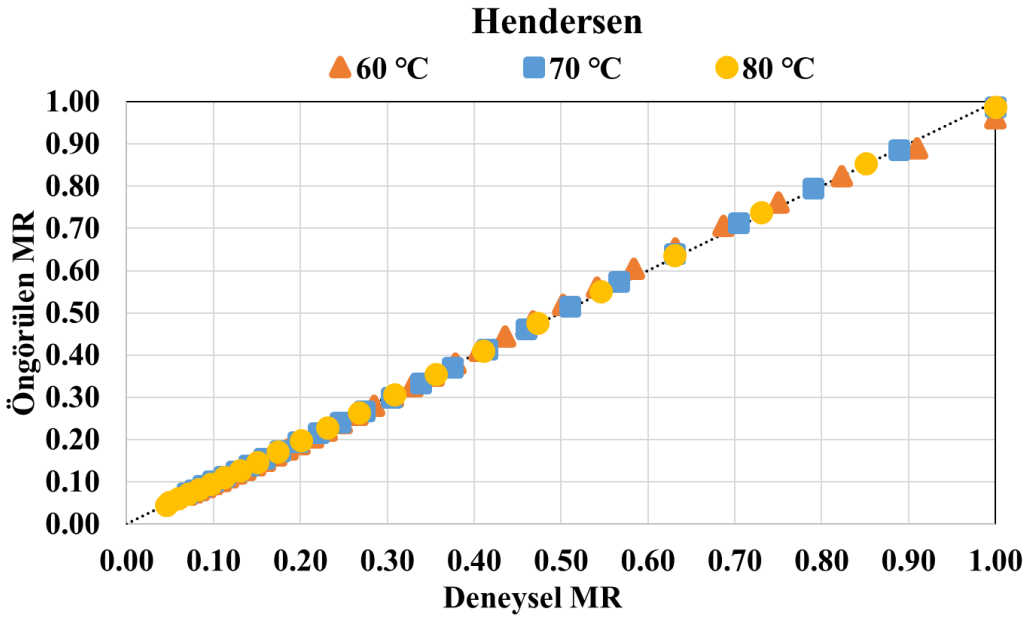
B
KIZILÖTESİ KURUTMA İLE GERÇEKLEŞEN DENEYLERİN MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ



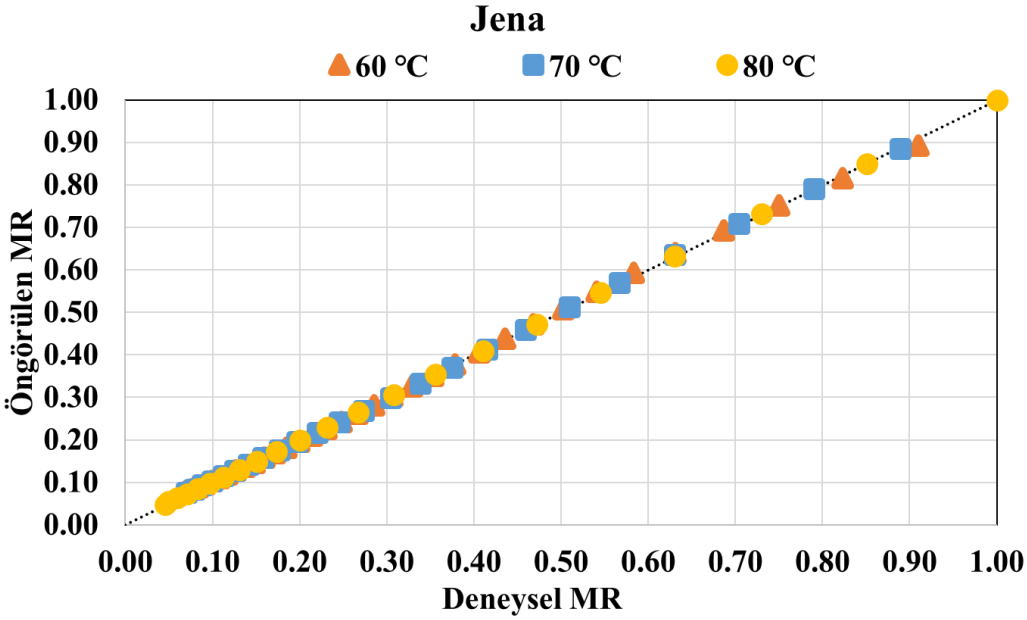
Şekil B.1 Kızılötesi yönteminin Alibaş modelin grafiği.



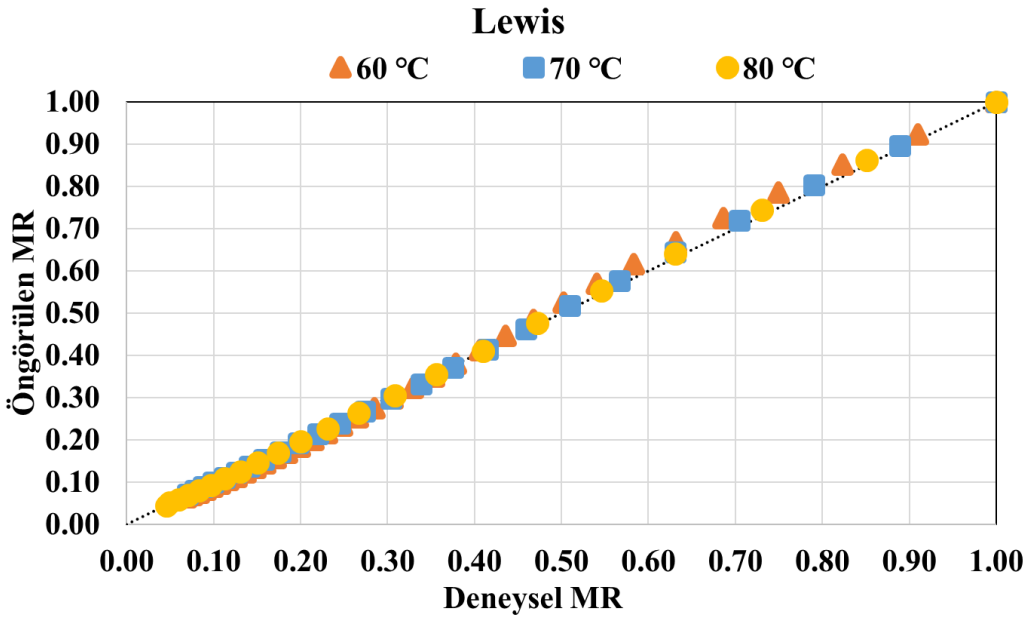
Şekil B.2 Kızılötesi yönteminin İki terimli modelin grafiği.



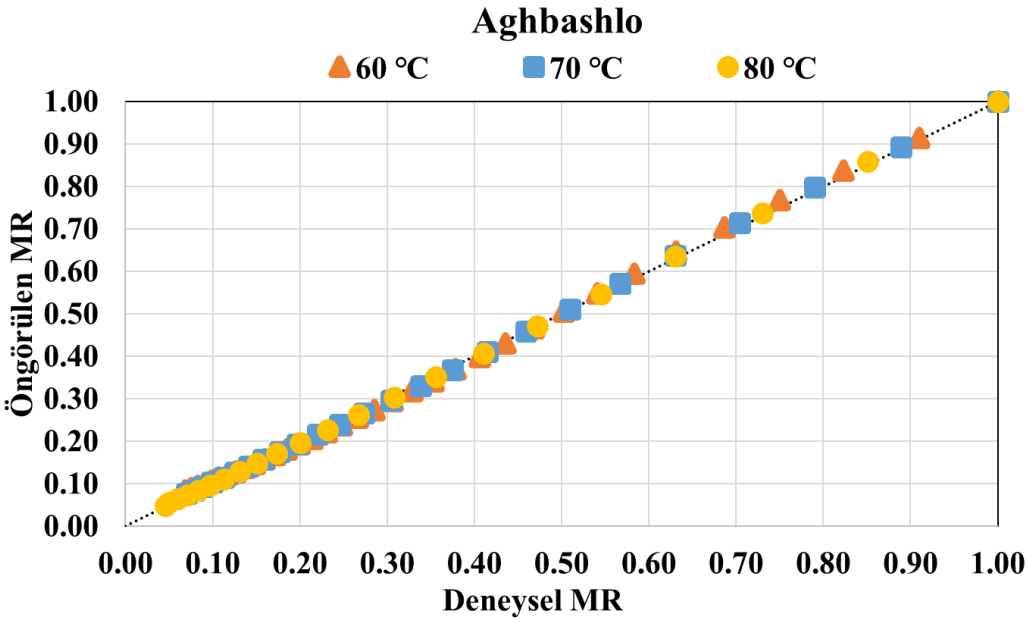
Şekil B.3 Kızılötesi yönteminin Henderson modelin grafiği.



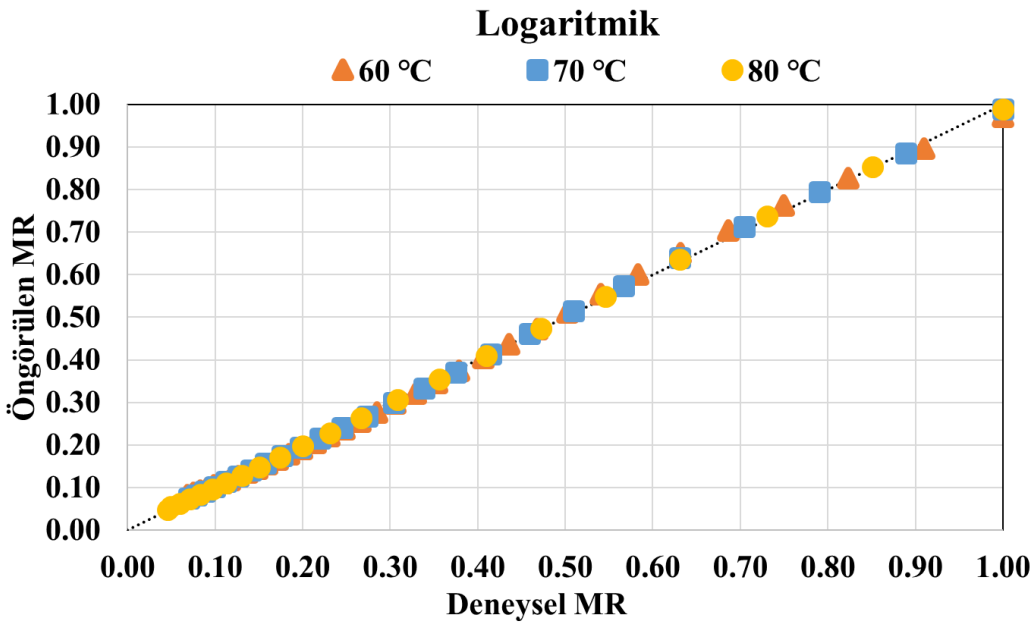
Şekil B.4 Kızılötesi yönteminin Jena modelin grafiği.



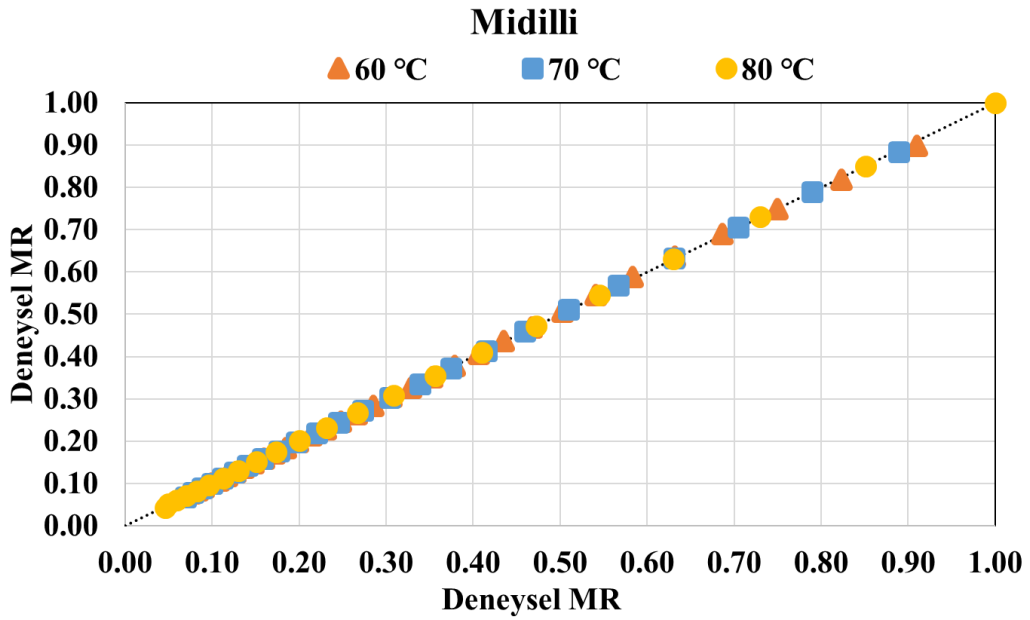
Şekil B.5 Kızılötesi yönteminin Lewis modelin grafiği.



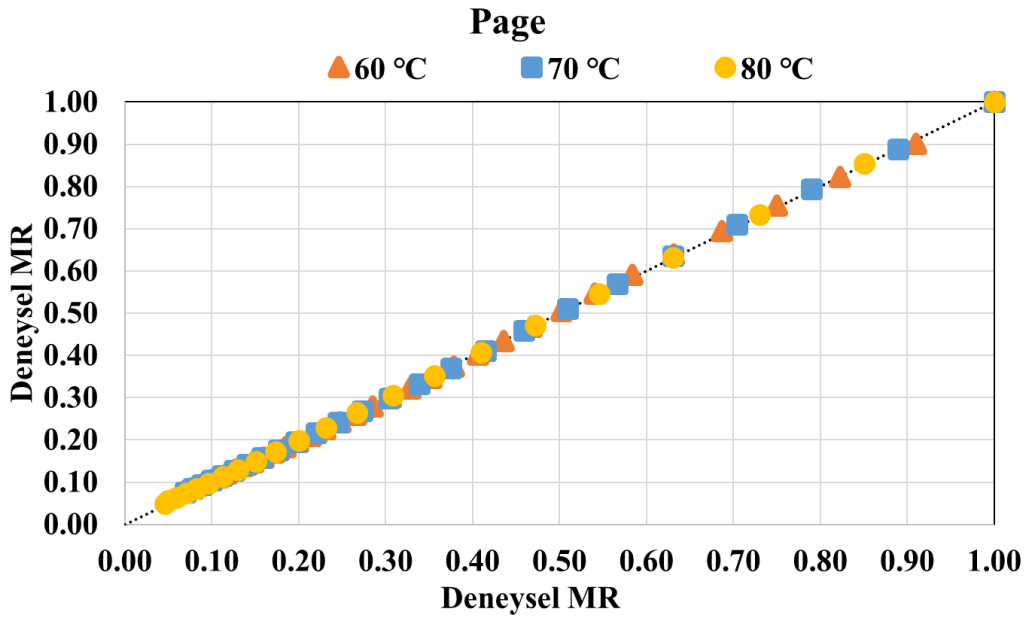
Şekil B.6 Kızılötesi yönteminin Aghbashlo modelin grafiği.



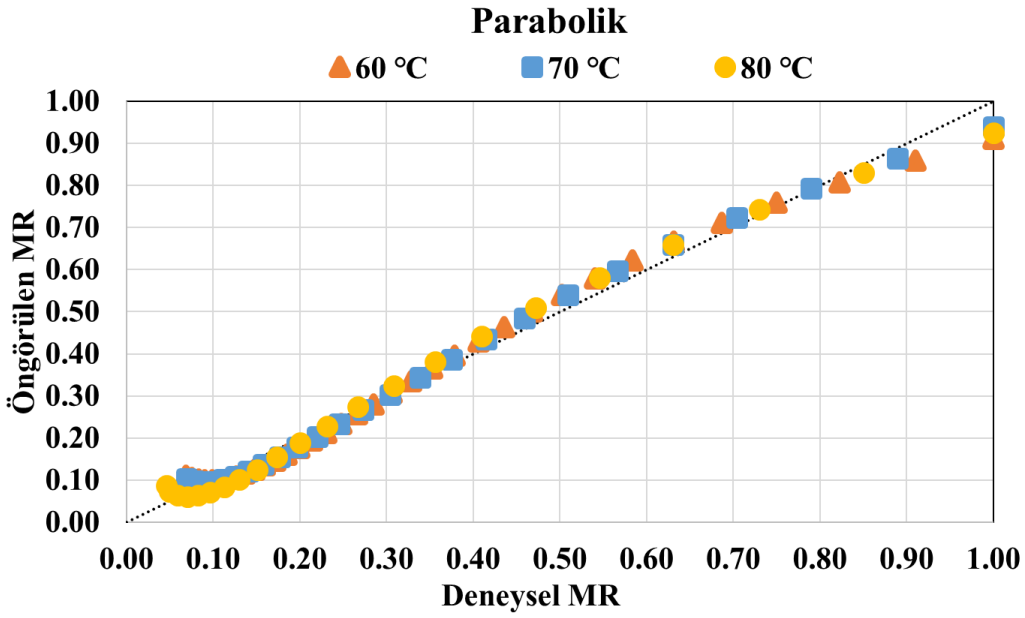
Şekil B.7 Kızılötesi yönteminin Logaritmik modelin grafiği.



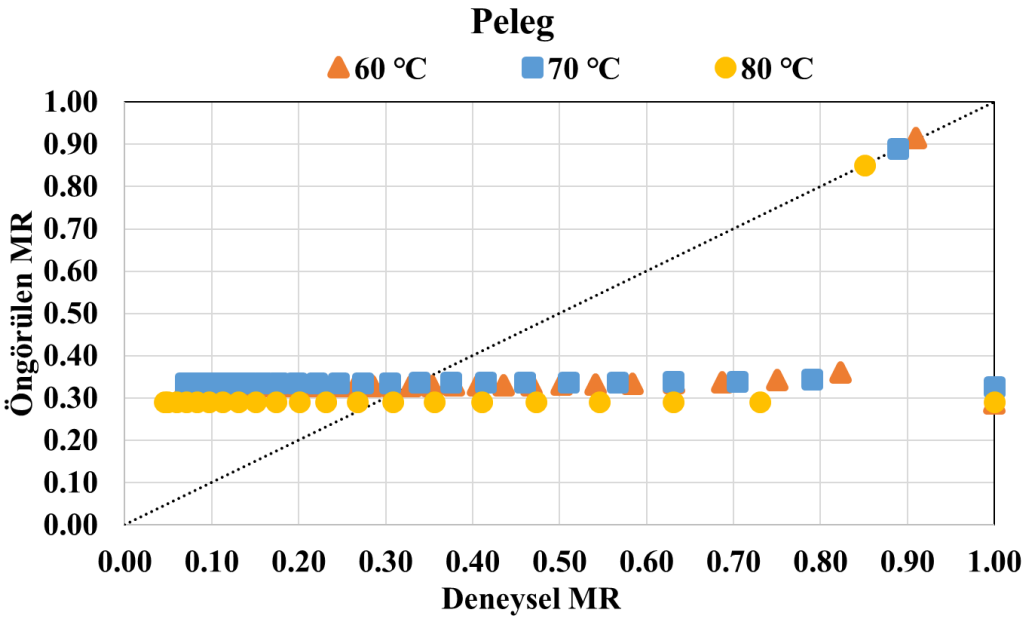
Şekil B.8 Kızılötesi yönteminin Midilli modelin grafiği.



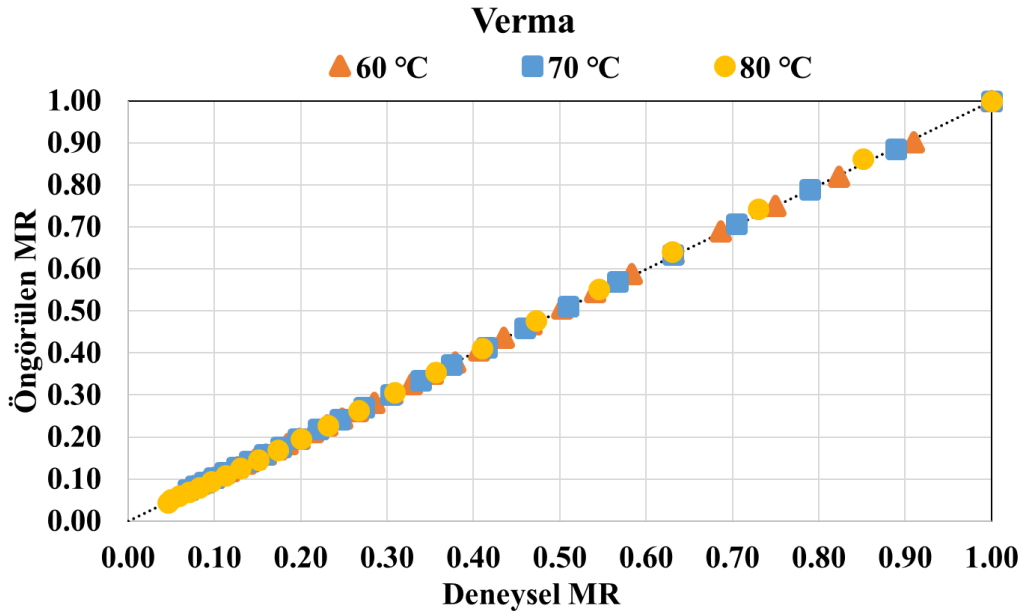
Şekil B.9 Kızılötesi yönteminin Page modelin grafiği.



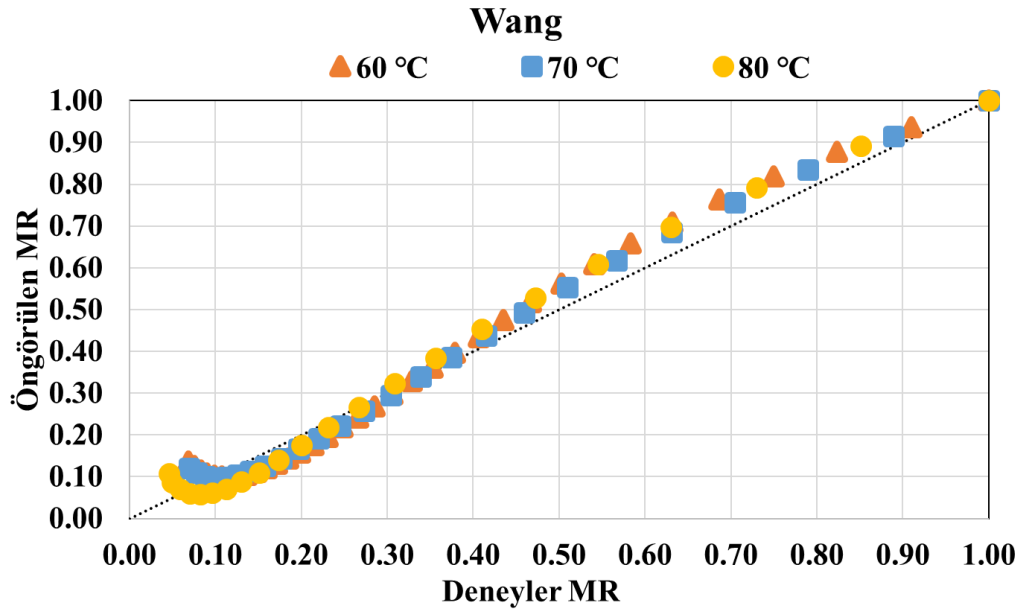
Şekil B.10 Kızılötesi yönteminin Parabolik modelin grafiği.



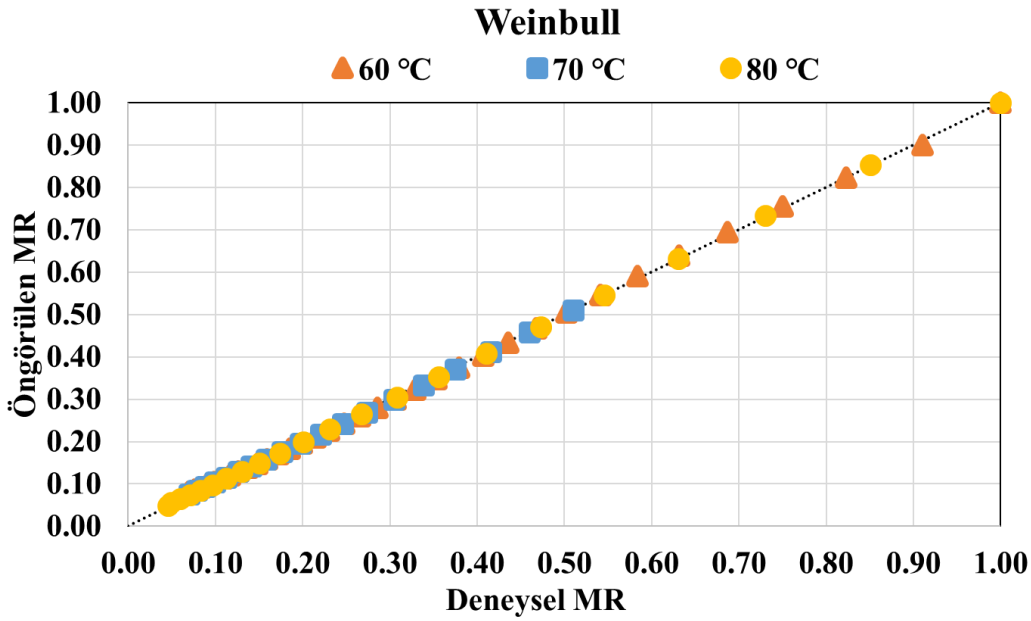
Şekil B.11 Kızılötesi yönteminin Peleg modelin grafiği.



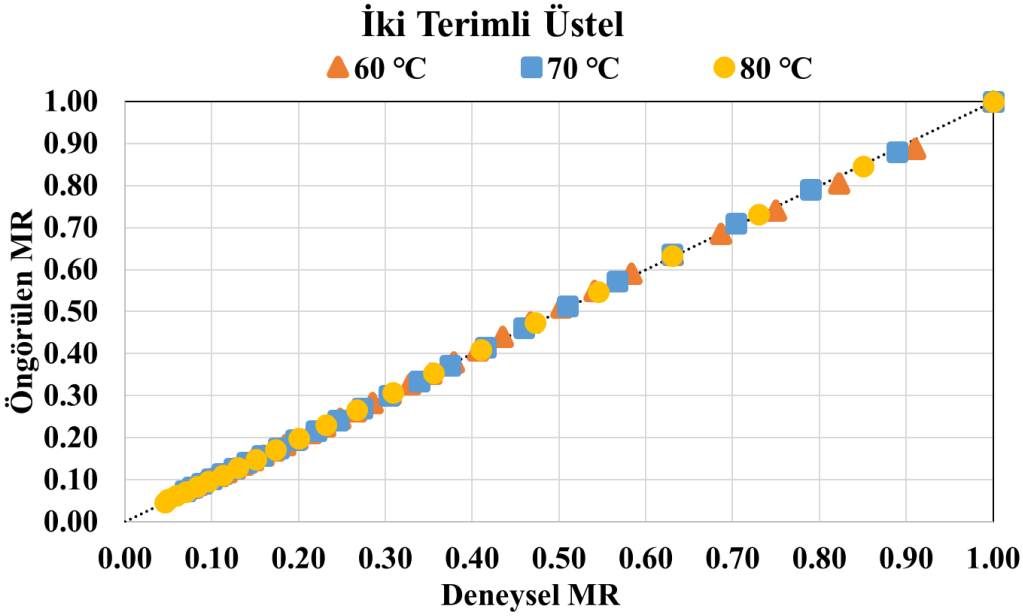
Şekil B.12 Kızılötesi yönteminin Verma modelin grafiği.



Şekil B.13 Kızılötesi yönteminin Wang modelin grafiği.

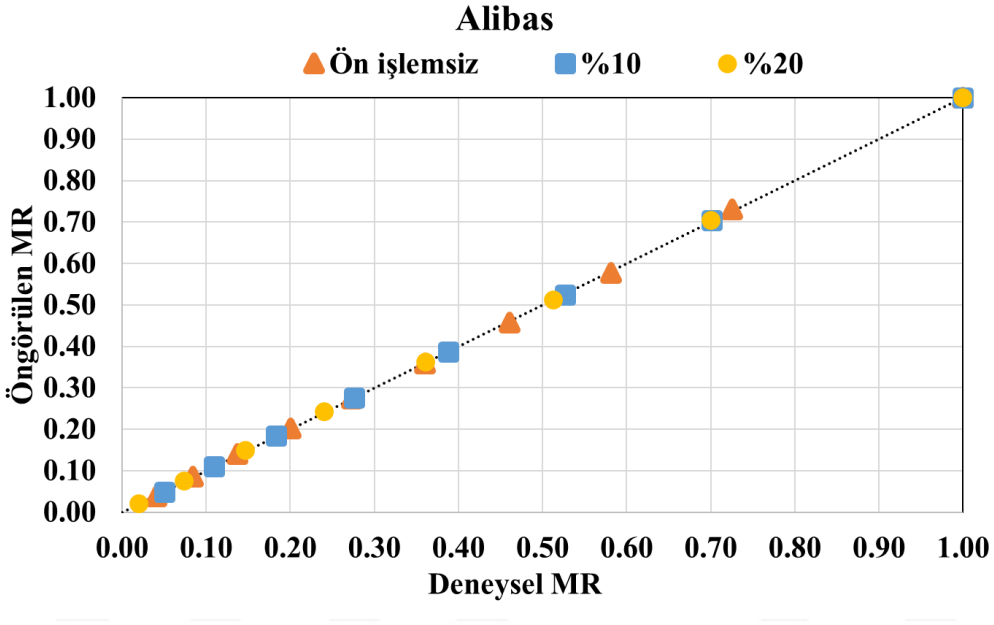


Şekil B.14 Kızılötesi yönteminin Weinbull modelin grafiği.

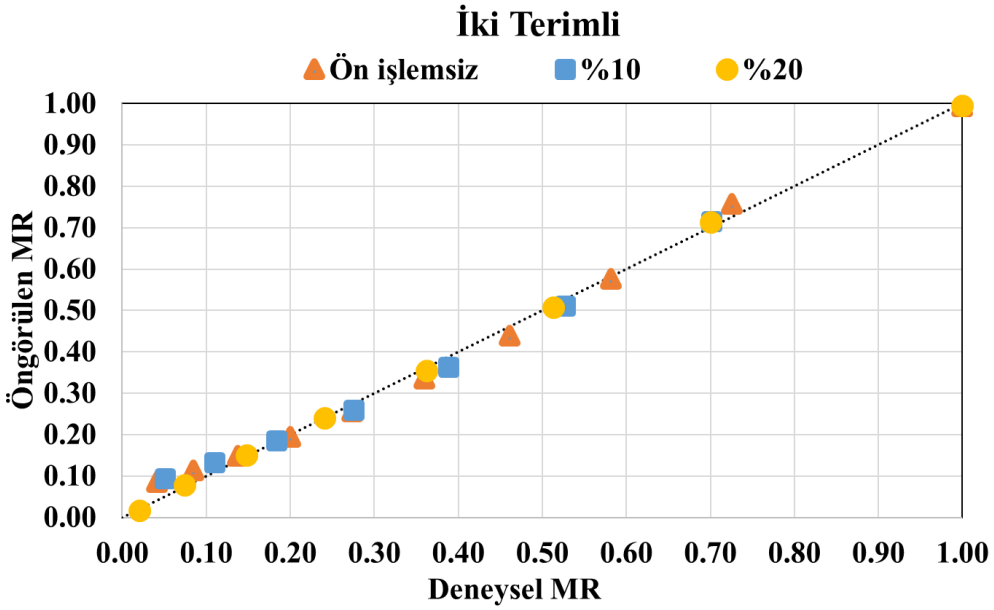


Şekil B.15 Kızılötesi yönteminin İki terimli üstel modelin grafiği.

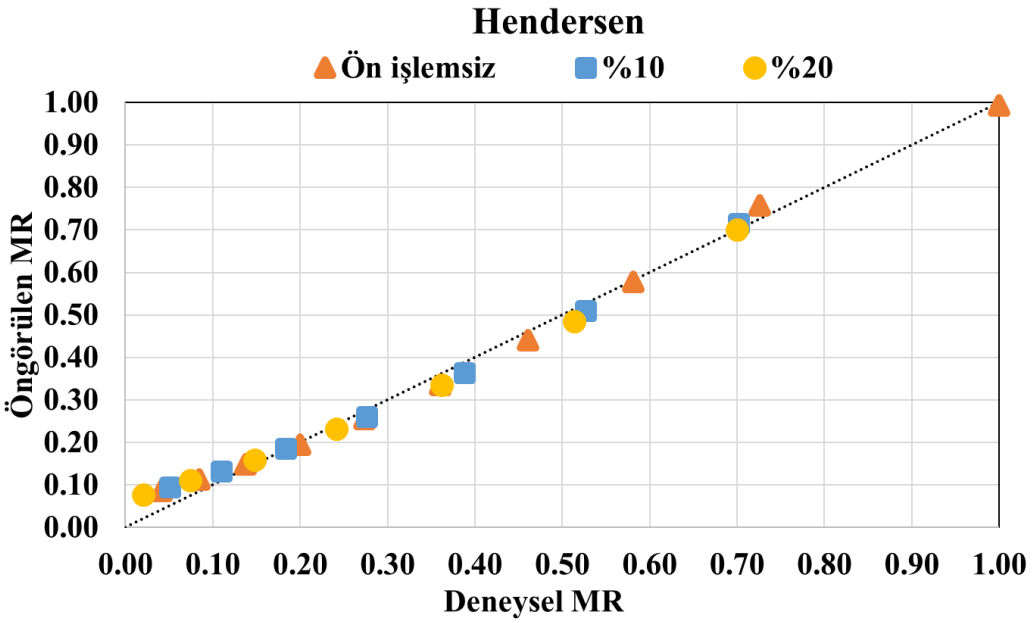
C
DONDURARAK KURUTMA İLE GERÇEKLEŞEN DENEYLERİN MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ



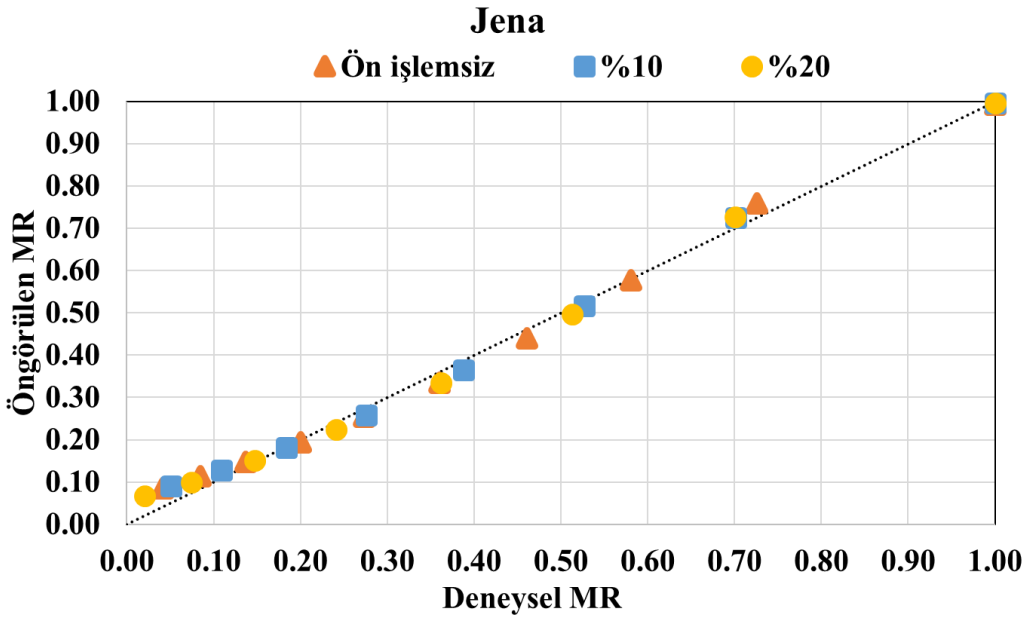
Şekil C.1 Dondurarak yönteminin Alibaş modelin grafiği.



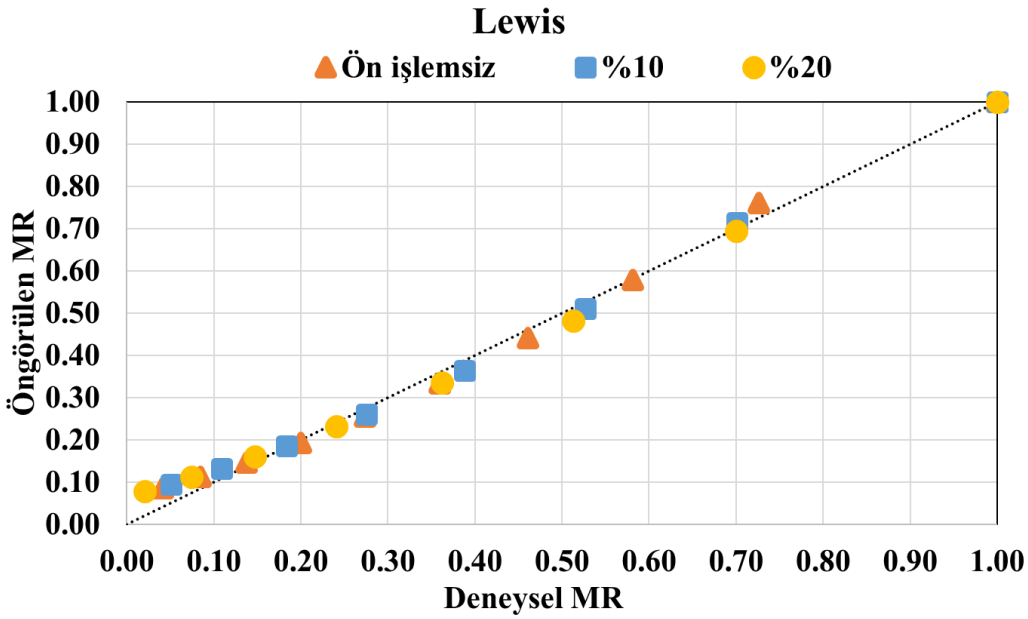
Şekil C.2 Dondurarak yönteminin İki terimli modelin grafiği.



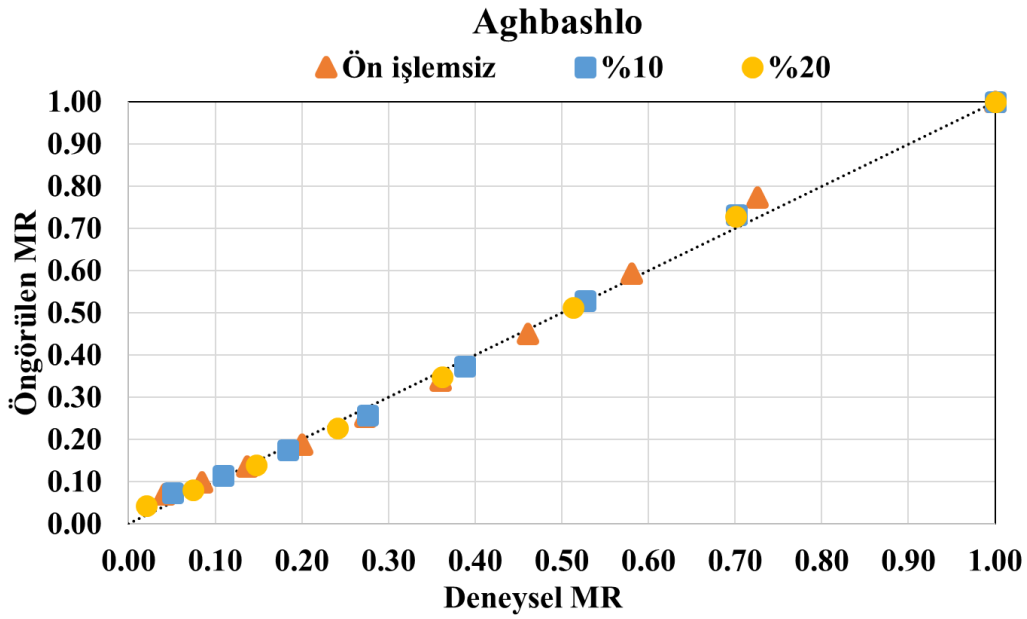
Şekil C.3 Dondurarak yönteminin Henderson modelin grafiği.



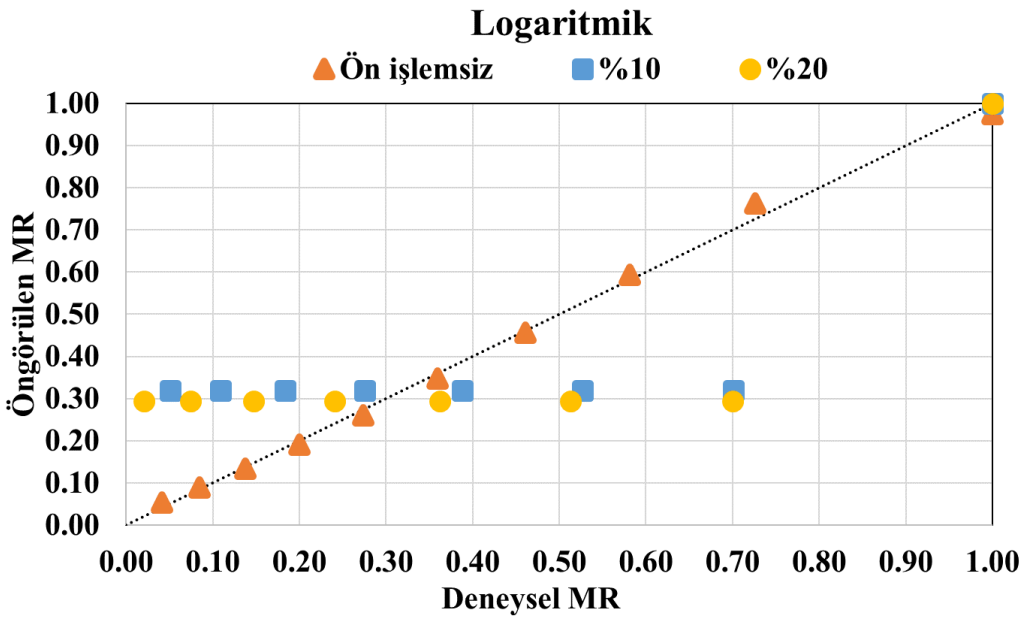
Şekil C.4 Dondurarak yönteminin Jena modelin grafiği.



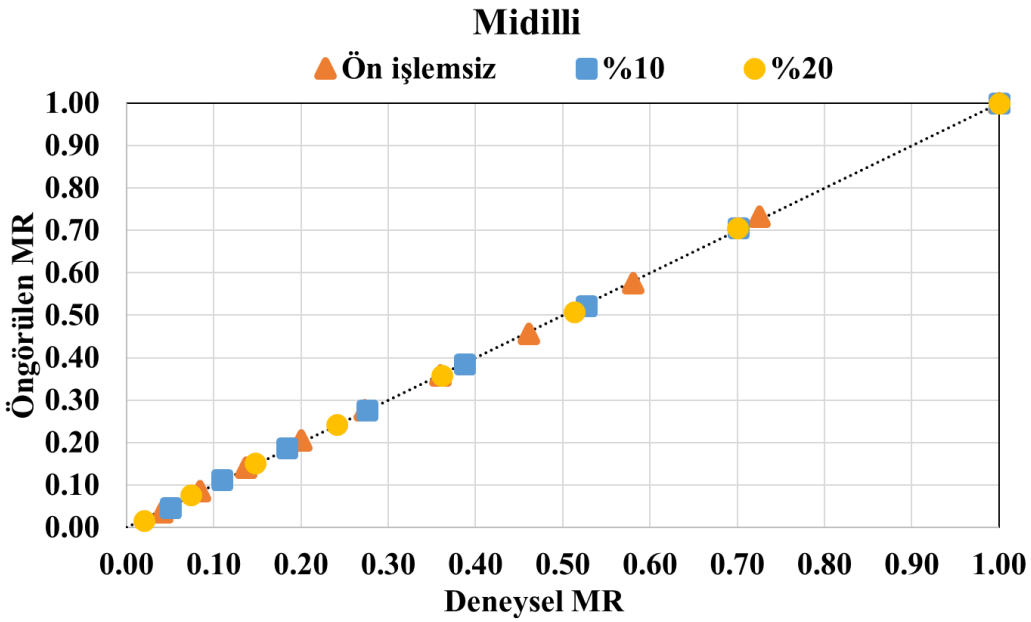
Şekil C.5 Dondurarak yönteminin Lewis modelin grafiği.



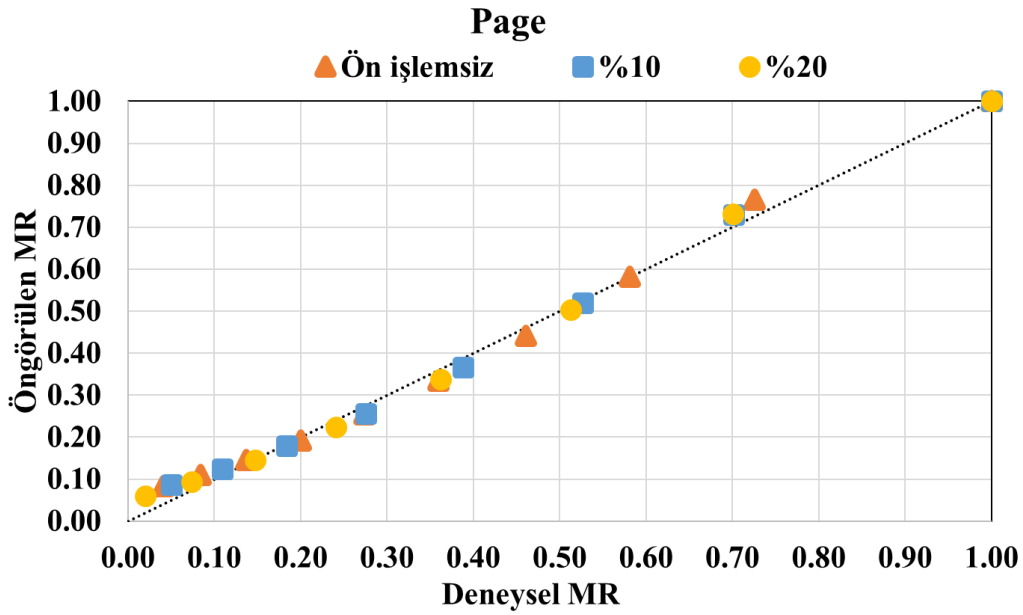
Şekil C.6 Dondurarak yönteminin Aghbashlo modelin grafiği.



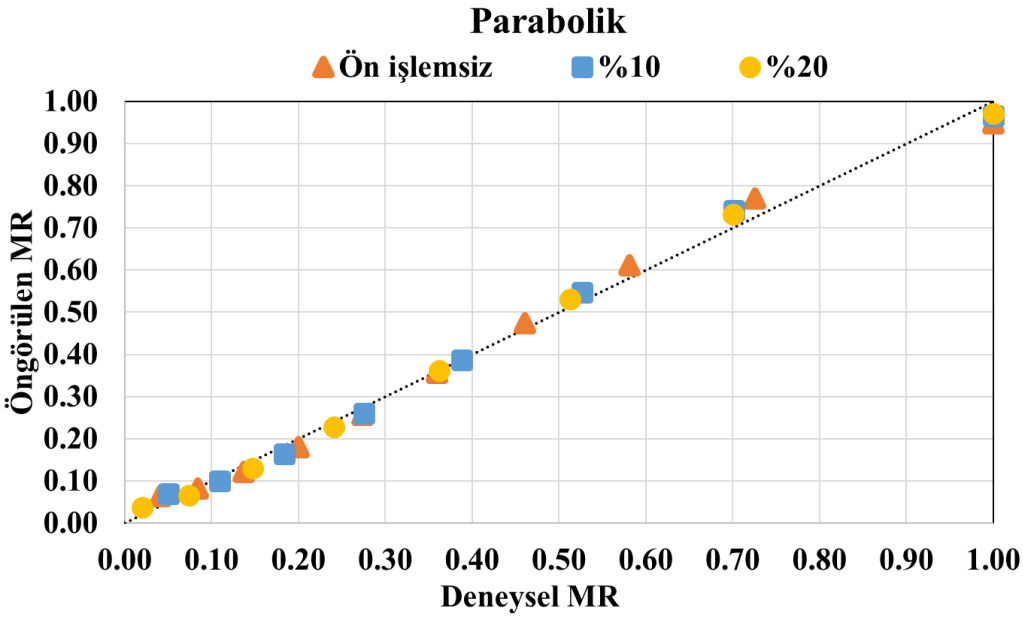
Şekil C.7 Dondurarak yönteminin Logaritmik modelin grafiği.



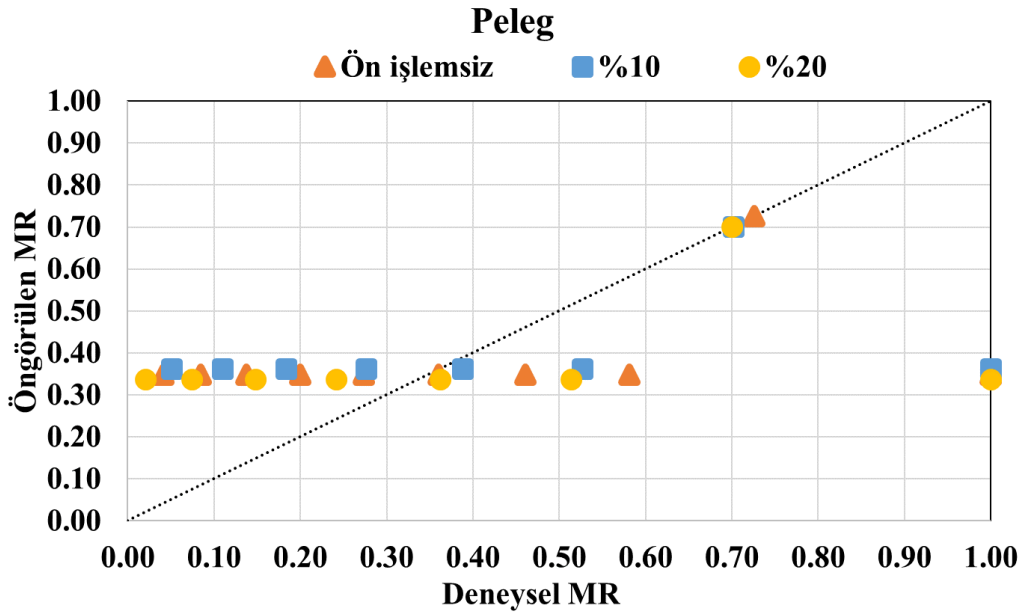
Şekil C.8 Dondurarak yönteminin Midilli modelin grafiği.



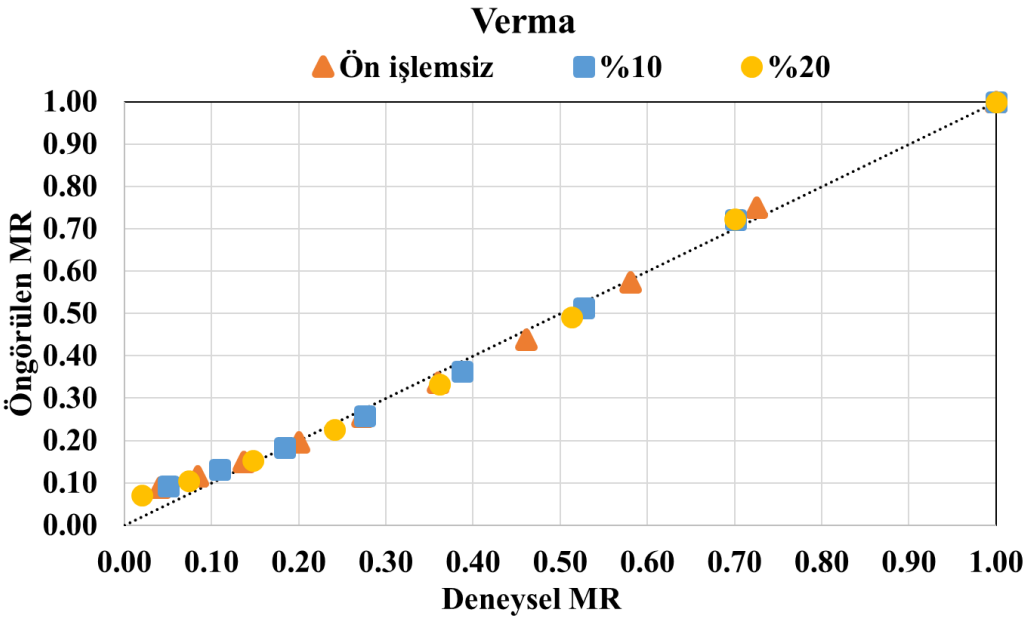
Şekil C.9 Dondurarak yönteminin Page modelin grafiği.



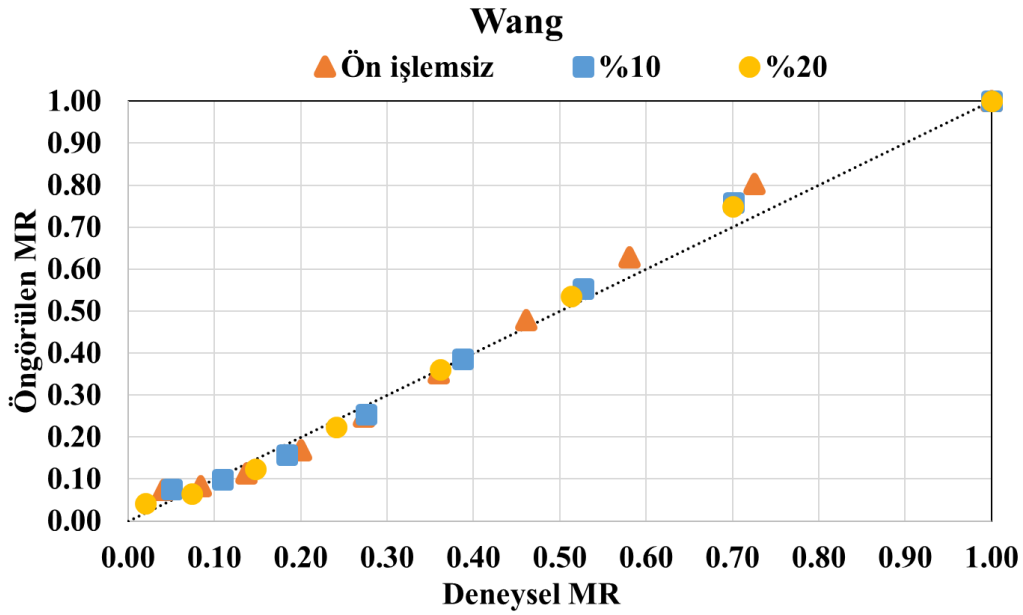
Şekil C.10 Dondurarak yönteminin Parabolik modelin grafiği.



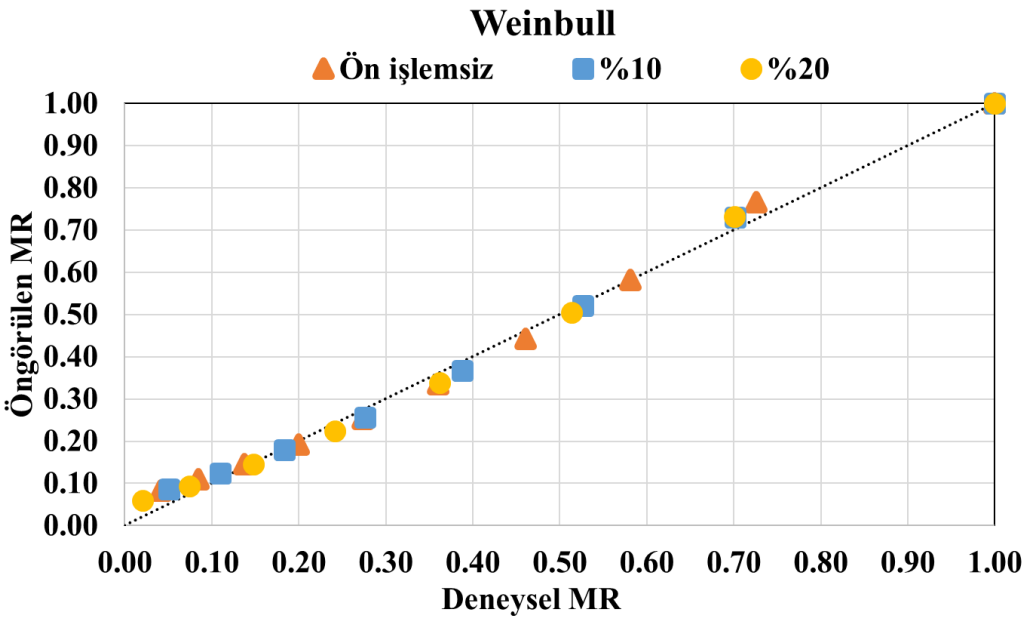
Şekil C.11 Dondurarak yönteminin Peleg modelin grafiği.



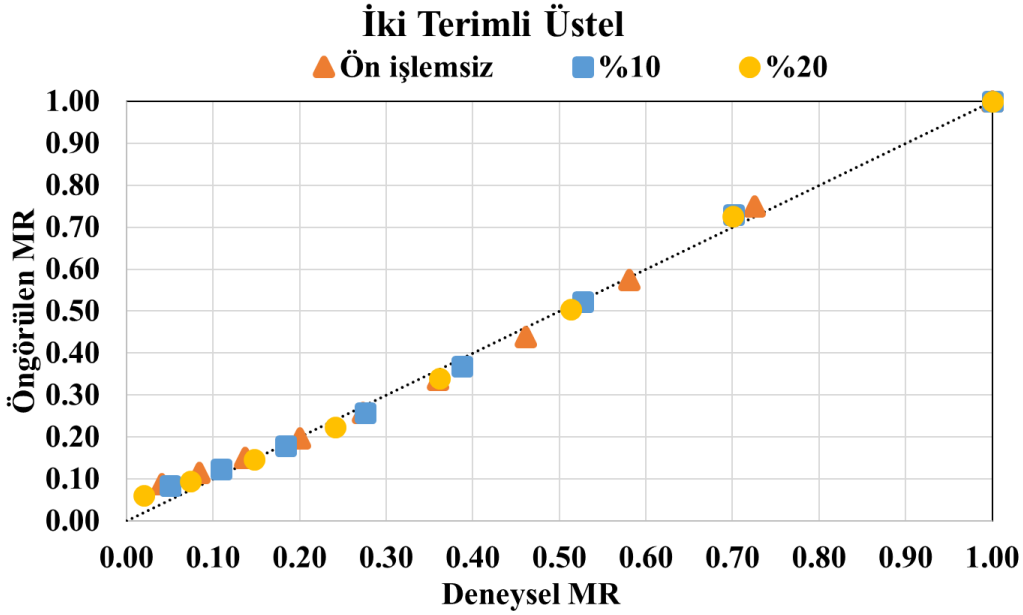
Şekil C.12 Dondurarak yönteminin Verma modelin grafiği.



Şekil C.13 Dondurarak yönteminin Wang modelin grafiği.



Şekil C.14 Dondurarak yönteminin Weinbull modelin grafiği.



Şekil C.15 Dondurarak yönteminin İki terimli üstel modelin grafiği.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. A. Fakhrutdinov, A. S. Kipcak, Z. O. Ozyalcin, "Drying Characterization and Quality Investigation of Quail (*Coturnix Coturnix*) Meat by Microwave Drying Method," in *ASES VI. International Health, Engineering and Sciences Congress Conference Book*, Van, Türkiye, 2023, p.79.

Proje

1. Bıldırcın (*Coturnix coturnix*) Etinin Modern Kurutma Karakterizasyonu ve Kalitesinin İncelenmesi, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Azmi Seyhun Kıpçak, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü, FYL-2023-5575, 17.02.2023–17.09.2024, öğrencinin projedeki görev – Araştırmacı.