

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**FARKLI KOŞULLARDA KURUTULAN KARA KUŞBURNU
(*Rosa pimpinellifolia*) MEYVESİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ**

Doktora Tezi

Hojjat PASHAZADEH

Danışman

Prof. Dr. İlkay KOCA

Bu tez PYO.MUH. 1904.20.011 nolu proje ile OMÜ-BAP tarafından desteklenmiştir

SAMSUN
2022

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza

25/02/2022

Hojjat PASHAZADEH

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı :Farklı Koşullarda Kurutulan Kara Kuşburnu (*Rosapimpinellifolia*) Meyvesinin Biyoaktif Özellikleri

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 14.01.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 15

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza

25 /02/2022

Prof. Dr. İlkay KOCA

ÖZET

FARKLI KOŞULLARDA KURUTULAN KARA KUŞBURNU (*Rosa pimpinellifolia*) MEYVESİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ

Hojjat PASHAZADEH
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Doktora, Şubat/2022
Danışman: Prof. Dr. İlkey KOCA

Kara kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia*) Türkiye'de doğal olarak yetişen ve son yıllarda tanınmaya başlayan bir meyvedir. Halk arasında marmelata işlenerek tüketilen bu meyve, biyoaktif bileşenlerce zengindir. Bu çalışma, kara kuşburnu meyvesinin konvektif olarak kurutulması sırasında fiziksel ve biyoaktif özelliklerdeki değişimleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla 4 farklı sıcaklık (50, 60, 70 ve 80 °C) ve 3 farklı hava hızı (0.5 m/s, 1.0 m/s ve 1.5 m/s) koşullarında meyveler kurutulmuştur. Kurutma süresince ağırlık kaybı izlenerek kurutma kinetiği ve modellemesi yapılmıştır. Kurutulmuş meyveler farklı sıcaklıklarda (20, 40 ve 60 °C) rehidre edilerek rehidrasyon kinetiği ve modellemesi çıkartılmış, kurutma koşullarının renk, büzüşme, toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, bireysel fenolik bileşikler, bireysel antosiyaninler, antioksidan aktivite (DPPH, ABTS ve FRAP değerleri) ve C vitamini üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca kurutma koşullarının meyvenin yapısal özellikleri üzerine etkileri morfoloji ve tekstür analizleri yardımıyla belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda; kara kuşburnunun kurutma kinetiğine en uygun modelin Midilli, rehidrasyon kinetiğine ise Peleg, Vega-Gálvez olduğu saptanmıştır. Kuru meyvelerin su absorpsiyonunun en hızlı 60°C'de rehidre edilenlerde, en yüksek rehidrasyon kapasitesinin 60 °C'de 0.5 m/s hava hızı ile kurutulanlarda olduğu belirlenmiştir. Toplam renkteki değişim (ΔE) değerleri, sıcaklık ve hava hızından etkilenmiş ($p<0.05$), en yüksek ΔE değeri 60 °C'de 0.5 m/s hava hızında, en düşük 80 °C 1.5 m/s'de kurutulanlarda bulunmuştur. En fazla büzüşme 50 °C 1.5 m/s'da, en az büzüşme ise 60 °C 0.5 m/s'de kurutma koşullarında gerçekleşmiştir. Kurutma sıcaklığı yükseldikçe sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$). Taze meyve ile karşılaştırıldığında; elastikiyet, yapışkanlık ve dayanıklılık değerleri az da olsa düşmüştür.

Kara kuşburnu meyvesinin mikro yapısı, antioksidan özellikler (toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP ve ABTS), bireysel fenolik bileşikler (özellikle kateşin ve epikateşin), bireysel antosiyaninlerin (siyanin klorit, siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit, pelargonidin-3 glukozit) korunumu açısından konvektif kurutma için optimum sıcaklık ve hava hızı koşulu 70 °C ve 1.5 m/s olarak belirlenmiştir. Yaş meyveye göre 70 °C ve 1.5 m/s'de (optimum noktada) kurutma işleminde meydana gelen kayıplara bakıldığında toplam fenolik madde %34.58, toplam antosiyanin %64.24, siyanidin-3 glukozit %80 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: kara kuşburnu, *Rosa pimpinellifolia* L., kurutma, antioksidan, rehidrasyon, fenolik bileşikler, antosiyaninler

ABSTRACT

THE BIOACTIVE PROPERTIES OF BLACK ROSEHIP (*Rosapimpinellifolia*) DRIED UNDER DIFFERENT CONDITIONS

Hojjat PASHAZADEH
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Food Engineering
Ph.D., February/2022
Supervisor: Prof. Dr. İlkey KOCA

Black rosehip (*Rosa pimpinellifolia*) is a fruit that grows naturally in Turkey and has become known in recent years. This fruit, which is consumed by processing into marmelade, is rich in bioactive components. This study was carried out to determine the changes in physical and bioactive properties during convective drying of black rosehip fruit. For this purpose, fruits were dried at 4 different temperatures (50, 60, 70 and 80 °C) and 3 different airspeeds (0.5 m/s, 1.0 m/s and 1.5 m/s). During drying, drying kinetics and modeling were done by monitoring the weight loss. Dried fruits were rehydrated at different temperatures (20, 40 and 60 °C) and rehydration kinetics and modeling were obtained. The effects of drying conditions on colour, shrinkage, total phenolic substance, total anthocyanin, individual phenolic compounds, individual anthocyanins, antioxidant activity (DPPH, ABTS and FRAP values) and vitamin C effects on it were studied. In addition, the effects of drying conditions on the structural properties of the fruit were determined with the help of morphology and texture analysis.

As a result of the analysis, it was determined that the most suitable model for the drying kinetics of black rosehip was Midilli, and Peleg and Vega-Gálvez for the rehydration kinetics. The fastest water absorption of dry fruits is in those that are dehydrated at 60°C. It was determined that the highest rehydration capacity was in those dried at 60 °C with 0.5 m/s air velocity. Total colour change (ΔE) values were affected by temperature and air velocity ($p < 0.05$), with the highest ΔE value at 60 °C at 0.5 m/s air velocity, and the lowest at 80 °C at 1.5 m/s. The maximum shrinkage occurred at 50 °C and 1.5 m/s speed, and the least shrinkage occurred at 60 °C and 0.5 m/s' speed drying conditions. As the drying temperature increased, the hardness, stickiness, and chewiness values increased significantly ($p < 0.05$). The elasticity, stiffness, and strength values decreased slightly compared to fresh fruit.

Microstructure of black rosehip fruit, antioxidant (total phenolic substance, total anthocyanin, DPPH, FRAP, and ABTS) properties, individual phenolic compounds (especially catechin and epicatechin), individual anthocyanins (cyanine chloride, cyanidin-3 glucoside, cyanidin-3 rutinoside, pelargonidin-3 glucoside) Considering the conservation, the optimum temperature and air velocity conditions for convective drying were determined at 70 °C and 1.5 m/s. When looking at the losses in the drying process at 70 °C 1.5 m/s (optimal point) compared to the fresh fruit, the total phenolic substance was found to be 34.58%, the total anthocyanin 64.24%, and the cyanidin-3 glucoside 80%.

Keywords: black rosehip, *Rosa pimpinellifolia* L., drying, antioxidant, rehydration, phenolic compounds, anthocyanins

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. İlkay KOCA'ya teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışma sürecinde desteklerini esirgemeyen Gıda Mühendisliği Bölümü ve diğer bölümlerdeki hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasındaki yardımlarından dolayı Dr. Mohamed GHELLAM, doktora öğrencileri Oscar ZANNOU ve Şule BIYIK'a teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen çok değerli annem Mahin FULADİ ve abim Sajjad PASHAZADEH'e şükranlarımı sunarım. Sonunda bu tezin bitmesini ve mezun olduğumu sayın merhum babam Ali PASHAZADEH'e ruhu huzurlu olması için takdim ederim.

Bu tez çalışması, PYO.MUH. 1904.20.011 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

Şubat 2022, Samsun
Hojjat PASHAZADEH

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. <i>Rosa pimpinellifolia</i> L. (kara kuşburnu) Meyvesiyle İlgili Genel Bilgiler	3
2.1.1. Kara Kuşburnu Bitkisinin Taksonomisi, Yayılışı ve Özellikleri	3
2.1.2. Kuşburnu Meyvesinin Fiziksel, Kimyasal ve Antioksidan Özellikleri	5
2.1.3. Kara Kuşburnunun Gıda Sanayinde Kullanım Alanları	13
2.2. Kurutma Teknolojisi.....	17
2.2.1. Meyve ve Sebze Kurutma İle İlgili Bazı Kaynaklar	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1. Materyal.....	34
3.1.1. Meyvelerin Hasatı Ve Laboratuvara Sevki	34
3.1.2. Meyvelerin Kurutulması	34
3.1.2.1. Meyvelerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutucu ve Özellikleri	34
3.1.2.2. Kara Kuşburnu Meyvelerinin Kurutulması	35
3.2. Yöntemler	36
3.2.1. Meyve Ağırlığının Belirlenmesi	36
3.2.2. Meyve Eti/Çekirdek Oranının Belirlenmesi	36
3.2.3. En-Boy Uzunluğunun Belirlenmesi	36
3.2.4. Renk Değerlerinin Belirlenmesi	36
3.2.5. Kuru Madde Tayini.....	36
3.2.6. Suda Çözünür Katı Madde Miktarının Belirlenmesi	36
3.2.7. pH Analizi	37
3.2.8. Su Aktivitesinin Belirlenmesi.....	37
3.2.9. Doğal Antioksidanlar ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi	37
3.2.9.1. Askorbik Asit Tayini.....	37
3.2.9.2. Toplam Fenolik Madde Tayini	37
3.2.9.3. Toplam Antosiyanin Miktarının Belirlenmesi	38
3.2.9.4. Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) Analizi.....	38
3.2.9.5. DPPH Serbest Radikalini Giderme Aktivitesinin Belirlenmesi	38
3.2.9.6. ABTS Radikalini Giderme Etkisi	39
3.2.9.7. Bireysel Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi.....	39
3.2.9.8. Bireysel Antosiyanin Bileşiklerin Belirlenmesi.....	39
3.2.10. Büzüşme Analizi (Projeksiyon Alan Ölçümü)	42
3.2.11. Enstrümental Doku Analizi (Tekstür Analizi).....	42
3.2.12. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi (SEM)	43
3.2.13. Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi ve Modellenmesi	43
3.2.14. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları.....	45
3.3. İstatistiksel Analiz	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	48
4.1. Kara Kuşburnu Meyvesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	48
4.2. Kuru Madde Değerlerindeki Değişim	50
4.2.1. Kurutma Sıcaklığının Kara Kuşburnu Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi	50
4.2.2. Kurutmada Kullanılan Hava Hızının Kara Kuşburnu Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi.....	52
4.2.3. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları.....	55

4.2.3.1. Kurutma Kinetiğinin Modellenmesi.....	55
4.3. Rehidrasyon Oranları ve Modelleme Çalışması.....	62
4.3.1. Rehidrasyon Modelleme Çalışması	75
4.4. Kurutma Koşullarının Renk Üzerine Etkisi	78
4.5. Meyvelerin Antioksidan Özellikleri	81
4.5.1. Taze ve Kuru meyvelerin Bireysel Fenolik Bileşiklerindeki Değişim.....	85
4.5.2. Taze ve Kuru Meyvelerin Antosiyanin Profilindeki Değişim.....	91
4.6. Kurutmanın Büzüşme Üzerine Etkisi	96
4.7. Meyvelerin Morfolojik Özellikleri	97
4.8. Meyvelerin Tekstürel Özellikleri	100
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	104
KAYNAKLAR	108
EKLER.....	123
ÖZ GEÇMİŞ	142



SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

$M_{Rexp,i}$	Ayrılabilir nem içeriği (%)
MR	Ayrılabilir nem içeriği
Me	Denge nem muhtevası ($kg_{su}kg_{KM}^{-1}$)
M	Herhangi bir andaki nem içeriği ($kg_{su}kg_{KM}^{-1}$)
χ^2	Ki kare
C	Kroma
k, k_0, k_1, k_2	Kuruma hız sabitleri (dk^{-1})
DR	Kuruma hızı ($kg_{su}kg_{KM}^{-1}dk^{-1}$)
a, a_0, b, c, g, h	Kuruma katsayıları
t	Kurutma süresi, s
L_k	Materyalin kalınlığı (mm)
$M_{Rpre,i}$	Modelin tahmin ettiği nem içeriği
W_0	Numunelerin ilk andaki kütlesi, kg
W_k	Numunelerin toplam kuru kütlesi, kg
R^2	Regresyon katsayısı
a	Rengin kırmızılık/sarılık değeri
L	Rengin parlaklığı/koyuluğu
b	Rengin sarılık/mavilik değeri
n_i	Sabit ve katsayıların sayısı (adet)
M_t	t anındaki nem muhtevası ($kg_{su}kg_{KM}^{-1}$)
M_{t+dt}	$t+dt$ anındaki nem muhtevası ($kg_{su}kg_{KM}^{-1}$)
N	Toplam gözlem sayısı (adet)
M_0	Ürünün ilk nem içeriği
cc/g	sisi/gram
nm	Nanometre
cm	Santimetre
mW	Miliwatt
°C	Santigrat derece
dk	Dakika
F	F değeri
g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
N	Newton
μL	Mikrolitre
s	Saniye

KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
DPPHA	3,5-Dihydroxyphenylpropionic acid
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FRAP	Demir İndirgeme Antioksidan Gücü
FTC	Ferrik tiyosiyanat
FT-IR	Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HPLC	Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi
KM	Kuru Madde
QE	Kuersetin Eşdeğeri
RP-HPLC	Ters fazlı- Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi
SD	Serbestlik Derecesi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
ÇKM	Suda Çözünür Katı Madde
TPTZ	2,4,6-tripiryridil-s-triazine

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Rosa pimpinellifolia</i> L. meyvelerinin görünüşü	4
Şekil 2.2. Türkiye’de kara kuşburnunun yetiştiği yerler	5
Şekil 3.1. Kurutma öncesi kuşburnu meyvesinin görünümü	34
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan tepsili kabin kurutucu	34
Şekil 3.3. Kurutulmuş kara kuşburnu meyvesinin görünüşü	35
Şekil 3.4. Farklı konsantrasyonlara karşılık gelen alanlar kullanılarak her bir fenolik bileşik	41
Şekil 3.5. Büzüşme analizinde kullanılan düzenek	42
Şekil 3.6. Taramalı elektron mikroskopunun (SEM) görünüşü ve çalışma koşulları	43
Şekil 3.7. Taramalı elektron mikroskobu çalışma prensibi	43
Şekil 4.1. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri	50
Şekil 4.2. 1.0 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri	51
Şekil 4.3. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri	51
Şekil 4.4. 50 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri	52
Şekil 4.5. 60 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri	52
Şekil 4.6. 70 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri	53
Şekil 4.7. 80 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri	53
Şekil 4.8. En uygun Midilli modeli ile optimum kurutma noktasının kinetiği	62
Şekil 4.9. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	62
Şekil 4.10. 1.0 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	63
Şekil 4.11. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	63
Şekil 4.12. 50 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	64
Şekil 4.13. 60 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	64
Şekil 4.14. 70 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	65
Şekil 4.15. 80 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	65

Şekil 4.16. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim.....	66
Şekil 4.17. 1 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim.....	66
Şekil 4.18. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim.....	66
Şekil 4.19. 50 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	67
Şekil 4.20. 60 °C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	67
Şekil 4.21. 70 °C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	68
Şekil 4.22. 80 °C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	68
Şekil 4.23. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 60 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim.....	69
Şekil 4.24. 1 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 60 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim.....	69
Şekil 4.25. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 60 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim.....	70
Şekil 4.26. 50 °C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	70
Şekil 4.27. 60 °C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	71
Şekil 4.28. 70 °C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	71
Şekil 4.29. 80 °C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim	72
Şekil 4.30. 60 °C ve 1.0 m/s' de kurutulan meyvelerin 20 °C' deki rehidrasyon davranışı ...	77
Şekil 4.31. 70 °C ve 1.0 m/s' de kurutulan meyvelerin 40 °C' deki rehidrasyon davranışı ...	78
Şekil 4.32. 80 °C 0.5 m/s' de kurutulan meyvelerin 60 °C' deki rehidrasyon davranışı	78
Şekil 4.33. Kara kuşbunu meyvesinden elde edilen bireysel antosiyaninlerin HPLC kromatogramı	92
Şekil 4.34. Yaş ve kuru meyvelerin SEM görüntüleri	99

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Türkiye’de Rosa türlerinin yayılış yerleri.....	3
Tablo 2.2. Kara kuşburnu bitkisinin sistematığı	4
Tablo 3.1. Kurutmada kullanılan kurutucunun teknik özellikleri	35
Tablo 3.2. LC-MS/MS cihaz bilgileri ve modeli	40
Tablo 3.3. LC-MS/MS için akış programı.....	40
Tablo 3.4. Kara kuşburnu meyvesinin rehidrasyon kinetiğini tanımlamada kullanılan modeller	44
Tablo 3.5. <i>R. pimpinellifolia</i> 'nın kuruma kinetiğini tanımlamak için kullanılan modeller....	46
Tablo 4.1. Kurutma işleminde kullanılan kara kuşburnu meyvesinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	48
Tablo 4.2. Kara kuşburnu meyvelerinin deneysel kurutma verilerine uygulanan farklı kurutma modellerinin istatistiksel analizinin sonuçlar	56
Tablo 4.3. Farklı sıcaklıkta rehidre edilen meyvelerin rehidrasyon kapasiteleri	73
Tablo 4.4. Sıcaklıkların rehidrasyon kapasite üzerine etkisi	73
Tablo 4.5. Rehidrasyon kapasitesi üzerine hava hızı ve rehidrasyon sıcaklığının etkisi	74
Tablo 4.6. Rehidrasyon kapasitesi üzerine kurutma ve rehidrasyon sıcaklıklarının etkisi	74
Tablo 4.7. Rehidrasyon verilerinin modellemesinin istatistiksel analizinin sonuçları	75
Tablo 4.8. Yaş ve kuru meyvelerin renk değerleri.....	79
Tablo 4.9. Renk üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi	80
Tablo 4.10. Kurutulmuş meyvelerin antioksidan özellikleri	83
Tablo 4.11. Antioksidan bileşik ve aktivite üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi.....	83
Tablo 4.12. Bireysel fenolik bileşiklerin üzerine kurutma hız ve sıcaklığının etkisi (mg/kg, k.m.de).....	87
Tablo 4.13. Bireysel fenolik bileşikler üzerine kurutma hızının etkisi	90
Tablo 4.14. Bireysel fenolik bileşiklerin üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	91
Tablo 4.15. Kurutma sırasında bireysel antosiyaninlerdeki değişim (ppm)	94
Tablo 4.16. Bireysel antosiyaninler üzerine sıcaklık ve hava hızının etkisi (ppm).....	95
Tablo 4.17. Kuru meyvelerin büzüşme değeri.....	96
Tablo 4.18. Büzüşme üzerine sıcaklık ve hava hızının etkisi	96
Tablo 4.19. Taze ve kuru meyvelerin tekstürel özellikleri	101
Tablo 4.20. Meyvelerin tekstürel özellikleri üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi	102

1. GİRİŞ

Günümüzde farklı bitkilerin ve meyvelerin geleneksel kullanımlarının belirlenmesi, yerel kaynakların saptanması, tanıtımı ve ekonomiye kazandırılması son derece önemlidir. Çağımızda açlıkla mücadele ve sağlıklı beslenme için bir taraftan mevcut sağlıklı kaynakların korunması, diğer yandan yeni gıda kaynaklarının araştırılması önemlidir. Yeni kaynakların tanınması, literatüre kazandırılması yanı sıra bunların tazeliklerinin ve besleyiciliklerinin sürdürülebilirliği en önemli konulardan birisidir.

Kara kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) Rosaceae ailesine aittir (Andersen et al., 2016). 1 metreye kadar büyüeyebilen bir çalı formunda olan bitkinin yenilebilen meyveleri morumsu veya siyah renktedir (Ercisli, 2005; Ercisli, 2007). Rosaceae familyasının Rosa cinsi; çoğunlukla Batı Asya, Anadolu, Kuzey-Batı Afrika, Kuzey Amerika, Kuzey ve Orta Avrupa'ya yayılmış 150'den fazla tür içermektedir. Türkiye'de ise Rosa cinsi; başta Erzincan, Gümüşhane, Sivas, Erzurum, Kars, Ağrı, Tokat ve Van illerinde olmak üzere ülke geneline dağılan 25 tür ile temsil edilmektedir (Öz, 2016).

Kara kuşburnu, halk hekimliğinde büyük bir yere sahip olduğundan endojen topluluklar için önemlidir. Gıda ve ilaç endüstrisinde çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Gıda olarak birçok yerel yemekte kullanılmaktadır. Meyveler; reçel, marmelat, meyve suları, şuruplar ve çay dahil olmak üzere birçok ürüne işlenmekte ve fermente içecekler ile yüksek değerli kozmetik yağların üretiminde kullanılmaktadır (Nowak, 2005). Ayrıca meyveler, gıdaların fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için birçok yiyecek ve içeceğe eklenmektedir (Demir et al., 2014).

Son zamanlarda kuşburnu, tıbbi özellikleri nedeniyle birçok araştırmaya konu olmuştur. Kuşburnu meyveleri, birçok meyveden daha yüksek antioksidan özelliğe sahiptir. İçerdikleri fenolik asitler, proteinler ve peptitler, polisakaritler, esansiyel yağ asitleri, organik asitler, flavonoidler (özellikle antosiyaninler), karotenoidler, mineraller ve vitaminler gibi biyoaktif bileşikler nedeniyle sağlık üzerine pozitif etkiye sahiptir (Andersson et al., 2011; Andersson et al., 2012; Bhave et al., 2017; Fattahi et al., 2012).

Meyve sebzeler genel olarak yüksek su içeriğine sahip olup raf ömürleri kısadır. Bu meyve ve sebzelerin muhafaza sürelerini uzatabilmek için farklı teknikler

kullanılmaktadır. Bu teknikler meyvelerin bozulmasını önlediği gibi gıdaya her zaman ulaşabilme imkanı da sunmaktadır. Meyve ve sebzelerin raf ömrünü artırmanın en basit yollarından biri, gıdanın su içeriğinin mikroorganizma gelişimi olmayacak düzeye indirilmesidir (Vega-Mercado et al., 2001).

Kurutma, eski muhafaza tekniklerinden biridir. Meyve ve sebzelerin kurutulmasında en yaygın kullanılan yöntemler güneşte (açık havada) kurutma ve sıcak hava ile yani konvektif kurutmadır (Doymaz, 2012). Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte kurutma endüstrisi de gelişim göstermiştir. Mikrodalga, dondurarak, ozmotik, püskürtmeli, vakum ve akışkan yatak kurutma gibi yeni gıda kurutma yöntemleri geliştirilmiştir (Vega-Mercado et al., 2001). Geliştirilen bu teknolojilere rağmen konvektif kurutma basit ve ucuz olması nedeniyle halen tercih edilmektedir.

Kara kuşburnu, içerdiği su nedeniyle diğer meyveler gibi dayanıksızdır ve biyolojik aktiviteleri kısa sürede azalmaktadır. Kara kuşburnu meyvesinin biyoaktif bileşikleri, besleyici özelliği, sağlık üzerine etkisi ve endüstriyel potansiyeli göz önüne alındığında bu meyvenin raf ömrünün artırılmasına yönelik tekniklerin araştırılmasının önemi açığa çıkmaktadır. Kinetik çalışmaları, bu meyvenin kurutulması, optimizasyonu ve fitokimyasal bileşiklerinin korunması açısından önemlidir (Biz et al., 2019; Doymaz, 2008; Figiel, 2010; Moreira et al., 2011; Mbondo et al., 2018; Wang et al., 2018). Literatür incelendiğinde, kara kuşburnunun fitokimyasal bileşiklerini ve sağlık üzerine yararlarını ortaya koyan, konvektif kurutmayla muhafaza süresinin uzatıldığı, kurutmanın kalite üzerine etkilerinin ve biyoaktif bileşiklerinin belirlendiği çalışmaların az sayıda olduğu görülmektedir (Pashazadeh et al., 2021a). Bu çalışmada, kara kuşburnu meyvelerinin konvektif kurutulması için optimum sıcaklık ve hava hızı koşullarını belirlemek amacıyla farklı parametrelerde çalışılmıştır. *R. pimpinellifolia* meyvesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, kurutma ve rehidrasyon kinetiğinin belirlenmesi; kurutma koşullarının fenolik bileşikler, antosiyaninler, antioksidan aktivite (DPPH, ABTS ve FRAP) ve C vitamini üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma; kara kuşburnunun tanıtımının yapılması, üretim ve tüketiminin artırılması açısından önemlidir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. *Rosa pimpinellifolia* L. (kara kuşburnu) Meyvesiyle İlgili Genel Bilgiler

2.1.1. Kara Kuşburnu Bitkisinin Taksonomisi, Yayılışı ve Özellikleri

Kara kuşburnu (*R. pimpinellifolia* L. Syn. *Rosa spinosissima* L.), Rosaceae familyasına ait olup, kuşburnunun siyah çeşididir (Andersen et al., 2016). Rosaceae familyasının *Rosa* cinsi, çoğunlukla Batı Asya, Anadolu, Kuzey-Batı Afrika, Kuzey Amerika, Kuzey ve Orta Avrupa'ya yayılmış 150'den fazla tür içerir. Türkiye'de bu bitkinin 27 türü bulunmaktadır. Kuşburnunun 5 alt tür, 2 varyete ve 15 melezinin bulunduğu bildirilmiştir. Doğu Karadeniz bölgesinde kuşburnu türlerinden 16'sı mevcuttur (Anşın vd., 1987; Türkben vd., 1996; Güleriyüz ve Ercişli, 1996; Ayyıldız ve Toksoy, 1996; Çelik, 2005). Türkiye'de doğal olarak yetişen kuşburnu türleri ve yayılışı alanları Tablo 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1. Türkiye'de *Rosa* türlerinin yayılış yerleri (Duman, 2014)

Kuşburnu (<i>Rosa</i> L.) türleri	Yetiştği Yer
<i>Rosa sempervirens</i> L.	Çanakkale, İstanbul, Kahraman Maraş
<i>R. phoenicia</i> boiss.	Çanakkale, İzmir, Adana, Adıyaman, Siirt
<i>R. arvensis</i> huds.	Adana
<i>R. pisiformis</i> D. Sosn.	Kars, Erzincan, Erzurum, Ağrı, Van
<i>R. beggeriana</i> schrenk	Amasya, Erzurum, Elazığ
<i>R. foetida</i> J. Herrm	Manisa, Ankara, Maraş, Erzincan, Van
<i>R. hemisphaerica</i> J. Herrm	Konya, Kars, Uşak, Elazığ
<i>R. pinpinellifolia</i> L.	Gümüşhane, Ağrı, Van
<i>R. clymaitica</i> boiss.& hausskn.	Çoruh Vadisi
<i>R. gallica</i> L.	Ordu, Ankara, Sinop
<i>R. villosa</i> L.	Çankırı, Yozgat, Balıkesir
<i>R. hirtissima</i> lonacz.	Çoruh Vadisi
<i>R. tomentosa</i> simith	Hatay
<i>R. jundzillii</i> beser	Sivas, Erzincan
<i>R. micrantha</i> sm.	İzmir, Trabzon, Konya
<i>R. agrestis</i> savi	Kırklareli, İstanbul
<i>R. pulverulenta</i> bieb.	Türkiye
<i>R. sicula</i> tratt	Kaz Dağı
<i>R. horrida</i> fischer	İstanbul, Antalya, Amasya
<i>R. iberice</i> stev. _n bieb.	Bolu, Kars, Van
<i>R. montana</i> chaix subsp. Woronowii ö. Nilsson	Sivas, Ağrı
<i>R. canina</i> L.	Türkiye
<i>R. dumalis</i> bechst. Subsp. Boissieri ö. Nilsson	Isparta
<i>R. heckeliana</i> tratt.	Sivas, Bitlis, Mardin

Yerel olarak siyah kuşburnu veya koyungözü olarak adlandırılan *R. pimpinellifolia*, dünyanın çeşitli yerlerinde farklı isimle tanınmaktadır. Fransa'da "Rose Pimpinelle", İngiltere'de "Burnet Rose" ya da "Pimpinell Rose", İzlanda'da "Thorny Rose" ya da "Sleeping Beauty", Norveç'te "Trollnype", Slovenya'da

“Bodicasti Sipek”, Danimarka’da “Klitrose”, Almanya’da “Dünen Rose” ve Hollanda’da “Duinroos” şeklinde adlandırılmaktadır (Öz, 2016). Kara kuşburnunun taksonomik olarak şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

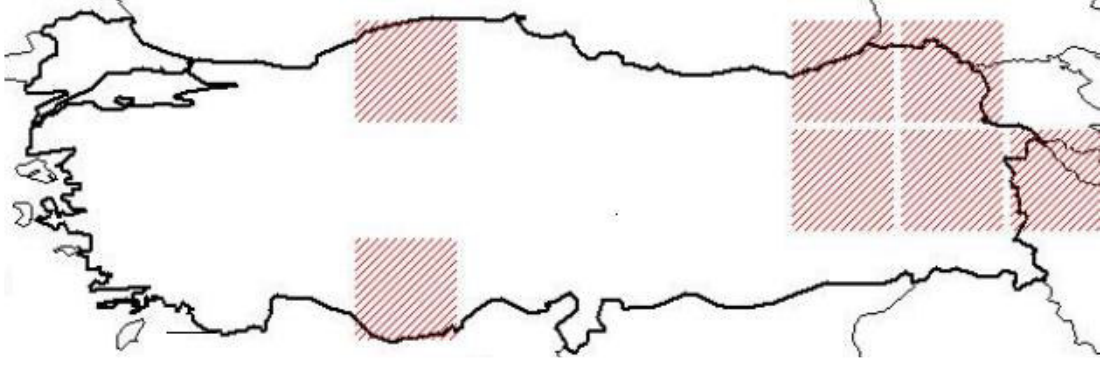
Tablo 2.2. Kara kuşburnu bitkisinin sistematığı (Öz vd., 2018)

Bölüm	<i>Magnoliophyta</i>
Sınıf	<i>Magnoliopsida</i>
Alt sınıf	<i>Rosidae</i>
Takım	<i>Rosales</i>
Familya	<i>Rosaceae</i>
Cins	<i>Rosa</i>
Tür	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.
Sinonimi	<i>Rosa spinosissima</i> L.

Kara kuşburnu 1 m'ye kadar uzayabilen kısa boylu bir çalıdır. Diken sayısı çok fazla miktarda olup, dik veya hafifçe eğik şekildedir. Ortalama 7–11 adet oval biçimde yaprakçıkları vardır. Beyaz veya kremsi beyaz renkte çiçekleri olup sürgünlerde tek tek bulunurlar. Meyveleri morumsu siyah renkte, küre şeklinde yandan basık ve tüysüzdür (Şekil 2.1). Haziran ve temmuz aylarında çiçeklenmektedir. 1200–2750 m. rakıma kadar, kurak ve kayalık yamaçlarda, volkanik kayalar ya da kireçtaşı yapılı topraklarda yetişmektedir. Yayılış alanları; Gümüşhane, Erzurum, Ağrı ve Van’dır (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. *Rosa pimpinellifolia* L. meyvelerinin görünüşü



Şekil 2.2. Türkiye’de kara kuşburnunun yetiştiği yerler (Öz vd., 2018)

2.1.2. Kuşburnu Meyvesinin Fiziksel, Kimyasal ve Antioksidan Özellikleri

Günümüze kadar yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından kuşburnu türlerinin özellikleri, bileşimi ve değerlendirilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların önemli kısmı dünyada ve Türkiye’de yaygın dağılım gösteren *Rosa canina* L. konusundadır. Bu kısımda *R. pimpinellifolia* konusunda yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Koncalova (1971), *R. pimpinellifolia* meyvesinin iyi bir antosiyanin kaynağı olduğunu, antosiyanin bileşik miktarının olgunluk durumuna ve yetiştiği yere göre farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Kara kuşburnu meyvesininin siyanidin, peonidin ve pelargonidin içerdiğini tespit etmiştir.

Kara kuşburnu meyvesinin pigmentlerini kromatografik yöntem ile tespit eden Novruzov (2005), analiz sonuçlarına göre pigment içeriğini çoktan aza doğru sırasıyla siyanidin-3,5-diglikozit, siyanidin-3-glikozit, izokersetin, rutin, β -karoten, γ -karoten, likopen, kuersetin, peonidin-3,5-diglikozit, luteolin-7-glikozit, α -karoten, poli-cis likopen A, poli-cis likopen B, kantaksantin, zeaksantin, kriptoksantin şeklinde sıralamıştır. Kara kuşburnunun pigment kompozisyonu bakımından diğer kuşburnu türlerinden farklı olduğunu tespit etmiştir.

Kara kuşburnunu da kapsayan bir çalışmada bazı tıbbi bitkilerin [*Prangos ferulacea* (Apiaceae), *Sedum sempervivoides* (Crassulaceae), *Malva neglecta* (Malvaceae), *Cruciata taurica* (Rubiaceae), *Rosa pimpinellifolia* (Rosaceae), *Galium verum subsp. verum* (Rubiaceae), *Urtica dioica* (Isırganlar)] antioksidan özellikleri, DPPH serbest radikal süpürücü aktiviteleri ve toplam fenolik madde miktarları sulu ve/veya metanol ekstraktlarında incelenmiştir. Çalışma sonunda, en yüksek peroksidasyon inhibisyonları, *C. taurica* ve *R. pimpinellifolia*’nın sulu ekstraktlarında;

en yüksek DPPH radikal temizleme gücü ve fenolik bileşikler *R. pimpinellifolia*'da; en düşük antioksidan özellikler ise *M. neglecta*'nın sulu ekstraktında saptanmıştır (Mavi et al., 2004).

Kovacs vd. (2005), farklı kuşburnu türlerinin bazı özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, *Rosa pimpinellifolia* L. türünün diğer kuşburnu meyvelerine göre daha yüksek meyve eti oranına (%81.5) ve çekirdek içeriğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Bu meyvenin 7.23 g/100 g glikoz ve 7.00 g/100 g fruktoz ile en yüksek karbonhidrat içeriğine sahip olduğunu saptamışlardır. Yüksek antosiyanin ve karbonhidrat içerdiği ve çok yüksek et oranına sahip olduğu için *R. pimpinellifolia*'nın teknolojik açıdan faydalı olabileceğini ifade etmişlerdir.

Van'da yetişen 6 kuşburnu türünün karşılaştırıldığı bir çalışmada, siyah kuşburnu meyvesinin meyve eti oranının %66.30, eninin 13.60 mm ve boyunun 27.40 mm, ağırlığının 1.95 g, çözünür katı madde değerinin %12, pH değerinin 4.38, kuru maddenin %50.27 ve titrasyon asitliğinin %0.85 olduğu belirlenmiştir (Dogan and Kazankaya, 2006).

Yapılan bir çalışmada *Rosa canina* meyveleri, *Rosa dumalis* subsp. *boissieri*, *Rosa dumalis* subsp. *antalyensis*, *Rosa villosa*, *Rosa pulverulenta* ve *Rosa pisiformis*'in toplam fenolik madde, askorbik asit, toplam çözünür katı madde, toplam kuru ağırlık, toplam yağ, yağ asitleri, pH, asitlik, nem, meyve rengi, makro ve mikro elementleri araştırılmıştır. En yüksek toplam fenolik içerik *Rosa canina*'da gözlenmiştir (96 mg GAE/g kuru madde). *Rosa dualis* subsp. *boissieri*'nin en yüksek toplam yağ içeriğine (%1.85) sahip olduğu, bunu *Rosa pulverulenta* (%1.81) ve *Rosa canina*'nın (%1.78) izlediği saptanmıştır. Rosa türlerinde dokuz ana yağ asidi belirlenmiş ve tüm türler için α -linolenik asit baskın bulunmuştur. Rosa türlerinin toplam çözünür katı madde, toplam kuru ağırlık, nem ve askorbik asit içeriklerinin sırasıyla %29.42 (*Rosa villosa*)-%37.33 (*Rosa dumalis* subsp. *boissieri*), %33.85 (*Rosa villosa*)-%40.35 (*Rosa dumalis* subsp. *boissieri*), %59.65 (*Rosa dumalis* subsp. *boissieri*)-%66.15 (*Rosa villosa*) ve 727 mg/100 g yağ ağırlık (*Rosa villosa*)-943 mg/100 g yağ ağırlık (*Rosa dumalis* subsp. *boissieri*) arasında değiştiği belirlenmiştir. N, P, K, Ca ve Mg gibi gül türlerinin azot ve mineral bileşimleri (ortalama olarak): Sırasıyla %1.26, 513 mg/100 g k.m, 639 mg/100 g k.m, 196 mg/100 g k.m ve 114 mg/100 g k.m olarak tespit edilmiştir. Çalışma, doğal rosa genotiplerinin son derece zengin fenolik, karbonhidrat ve askorbik asit kaynakları olduğunu ve bunların gıda

veya gıda katkı maddesi olarak potansiyel kullanımları bulunduğunu ortaya koymuştur (Ercisli, 2007).

Schaefer vd. (2008), 60 çeşit meyvenin antosiyanin ve karotenoid içeriğini incelemişlerdir. Kara kuşburnu meyvesinin antosiyanin içeriğini 39.21 mg/g, karotenoid miktarını 0.05 mg/g olarak tespit etmişlerdir.

Novikov vd. (2011), Kuzey Kafkasya'da yetişen kara kuşburnu meyvesinin antosiyanin içeriğini belirlemişlerdir. Bu meyvede toplam antosiyaninin siyanidin-3-glukozit eşdeğeri cinsinden %1.46 olduğunu tespit etmişler ve kara kuşburnunun önemli bir antosiyanin kaynağı olarak endüstriyel kullanımda yüksek potansiyele sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Andersson vd. (2012), farklı kuşburnu çeşitlerinin (*R. rubiginosa*, *R. dumalis*, *R. dumalis hybrid* ve *R. spinosissima*) tokoferol içeriklerini ve E vitamini aktivitelerini belirlemişlerdir. Türler içerisinde *Rosa spinosissima* L.'nin (sinonimi *Rosa pimpinellifolia* L.) farklı tokoferol formları açısından, en yüksek α -tokoferol (232.1 μ g/g), fakat aynı zamanda en düşük γ -tokoferol (25.6 μ g/g) içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, en yüksek toplam tokoferol (240.6 μ g/g) ve E vitamini (233.0 μ g/g) içeriğinin *R. spinosissima* kuşburnunda bulunduğunu saptamışlardır.

Fattahi vd. (2012), Batı Azerbaycan'daki *Rosa canina* ve *Rosa pimpinellifolia* meyvelerinin antioksidan ve antiradikal aktivitelerini incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda sırasıyla *R. canina* ve *R. pimpinellifolia* meyvelerinin toplam fenolik madde içeriklerini 1.76 ve 2.26 mg gallik asit eşdeğeri/g metanol ekstraktı, toplam flavonoid içeriklerini 0.004 ve 0.02 mg kuersetin/g metanol ekstraktı, hidrojen peroksit radikali süpürme gücünü % 22.41 ve 58.10, DPPH giderme etkisini %79.16 ve 87.78, nitrik oksit giderme etkisini %76.93 ve 236.76 olarak bulmuşlardır.

Polonya'daki beş *Rosa* türünün (*Rosa rugosa*, *R. villosa*, *R. californica*, *R. spinosissima* ve *R. × damascena*) morfolojik ve kimyasal özellikleri ile antioksidan aktivitelerini araştıran Najda ve Buczkowska (2013), *R. spinosissima* meyvelerinin meyve ağırlıklarını, toplam asitlik, toplam şeker, toplam fenolik madde, C vitamini miktarları ile DPPH radikalini giderme aktivitelerini sırasıyla 2.15 g, %1.29, %27.5, 1.21 mg GAE/g, 8.45 mg/g ve 61.2 μ M TE/g olarak tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada kara kuşburnunun yalancı meyve, meyve ve köklerinden; Kaji-içigozit F1, 2 α , 3 β , 19 α -trihidroksiurs-12-en-28-O- β -D-glukopiranozit,

2 α ,3 β ,19 α ,23 β tetrahidroksiurs-12-en-28-O- β -D-glukopiranozit olmak üzere 3 triterpen glikoziti, (-)-kateşin ve kateşin-epikateşin karışımı olmak üzere 2 kondanse tanen prekürsörü izole edilmiştir. Kara kuşburnu meyvelerinde doymamış yağ asitlerinin, yalancı meyvelerinde C vitamininin (1710.9 mg/L), köklerinde ise kateşinin yüksek miktarda bulunduğu rapor edilmiş, ayrıca ekstraktlarının yüksek antioksidan ve antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarının meyvenin sulu ekstraktında 195.6 μ g GAE/mg, çekirdeğinin metanol ve etil asetat ekstraktlarında ise sırasıyla 224.12 μ g GAE/mg ve 305.39 μ g GAE/mg olduğu saptanmıştır. Meyvenin 10 μ g/mL konsantrasyondaki sulu ekstraktının ABTS ve DPPH radikali giderme kapasiteleri sırasıyla %32.9, 30.4 olarak bulunmuştur. Çekirdeğin ABTS ve DPPH radikali giderme kapasitelerinin metanol ekstraktında sırasıyla %56.7, 39.1 ve etil asetat ekstraktında sırasıyla %11.1, 21.2 olduğu bildirilmiştir. Meyve ekstraktında siyanidin 3-O-glikozit 2102.35 mg/kg, kateşin 48.77 mg/kg, prosiyanidin B2 382.63 mg/kg ve ursolik asit 204.54 mg/kg, prokateşil aldehit 10.8 mg/l, p-OH benzoik asit 4.94 mg/l, klorojenik asit 48.09 mg/l, vanilik asit 6.59 mg/l, kafeik asit 125.58 mg/l, vanilin 8.96 mg/l, siringaldehit 42.99 mg/l, β -kumarik asit 7.30 mg/l, ferulik asit 10.23 mg/l, sinapik asit 46.47 mg/l ve benzoik asit 219.12 mg/l olarak tespit edilmiştir. Sabit yağ bileşimi GC-MS ile belirlenmiş ve doymuş yağ asidi oranının %5.10, doymamış yağ asidi oranının %93.40 olduğu bildirilmiştir (Güven, 2016).

Murathan vd. (2016a), çeşitli kuşburnu türlerinin yağ asitlerini ve uçucu bileşiklerini HS-SPME/GC-MS ve Im-SPME/GC-MS teknikleri ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre kara kuşburnunun yağ asidi kompozisyonunu; laurik asit %0.56, miristik asit %0.67, pelargonik asit %0.33, pentadekanoik asit %0.14, palmitik asit %7.01, margarik asit %0.14, araşidik asit %0.78, behenik asit %0.76, stearik asit %8.81, toplam doymuş yağ asidi %19.2, oleik asit %26.75, palmitoleik asit %0.90, gondoik asit %0.83, tekli doymamış yağ asitleri toplamı %28.48, linoleik asit %41.21, α -linolenik asit %10.08, eikosadienoik asit %1.02, çoklu doymamış yağ asitleri toplamı %52.3 ve total lipid %6.38 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, uçucu bileşik kompozisyonunu ise 2,4-dimetoksisinamik asit, sinapik asit, formik asit, asetik asit, Ionone, 3-metilbutanoik asit, hegzanoik asit, oktanoik asit, nonanoik asit, n-dekanoik asit, benzoik asit, dodekanoik asit, 1,2-benzenedikarboksilik asit, aseton, 6-metil-5-hepten-2-one, 1-hidroksi-2-propanon, 2H-piran-2,6(3H)-dione, furfural, 3-careen-10-

al, 2-Nonen-1-ol, 2-Furanmetanol, naftalin (naphthalene), 2,4-bis(1,1-dimetiletil) fenol şeklinde belirlemişlerdir.

Murathan vd. (2016b), Kars'ta yetişen kara kuşburnunun bileşimini araştırmışlardır. Taze meyvelerde; meyve ağırlığı, pH, ÇKM, kuru madde, titrasyon asitliği, toplam antosiyanin, toplam fenolik madde miktarı, FRAP, askorbik asit, glikoz, fruktoz, sorbitol, toplam şeker, okzalik asit, tartarik asit, malik asit, sitrik asit ve süksinik asit değerlerini sırasıyla 17.3 g, 3.00, %20, %55.3, %1.30, 3.72 mg/100g, 1081 mg GAE/100 g, 10.04 mmol TE/g, 24.93 mg/100 g, 5.99 g/100g, 4.38 g/100g, 4.17 g/100g, 14.92 g/100g, 0.14 g/100g, 0.21 g/100g, 0.65 g/100g, 0.48 g/100g ve 0.092 g/100g olarak tespit etmişlerdir.

Koczka vd. (2018), 4 farklı *Rosa* çeşidini (*R. canina*, *R. gallica*, *R. rugosa*, *R. pimpinellifolia*) karşılaştırmak amacıyla bunların iki çözücüyle (su ve etanol) elde ettikleri ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriğini ve toplam antioksidan kapasitelerini incelemişlerdir. En yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteyi *R. pimpinellifolia*'da belirlemişlerdir. *R. pimpinellifolia*'nın su ve etanol ekstraktlarının kuru ağırlıkta toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 2.99 mg GAE/g ve 7.66 mg GAE/g; antioksidan aktivitelerini ise sırasıyla 314.4 mmol AA/g ve 464.8 mmol AA/g olarak tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, Erzurum ili Aktoprak Köyü'nden toplanan iki *Rosa* türünün (*Rosa canina* L. ve *Rosa pimpinellifolia* L.) kökleri ve meyvelerinin metanol ekstraktları karşılaştırılmıştır. Kara kuşburnunun (*Rosa pimpinellifolia* L.) toplam flavonoid, fenolik madde içeriği, DPPH, CUPRAC, ABTS ve FRAP sonuçları sırasıyla 3.43 mg CA/mL, 10.74 mg GAE/mL, 25.03 mg TEAC/mL, 64.93 mg TEAC/mL, 35.93 mg TEAC/mL, 13.14 mg TEAC/mL olarak bulunmuştur. Ayrıca kara kuşburnu meyvesinde; 4-hidroksibenzoik asit 0.13 mg/mL, kateşin 4.27 mg/ mL, kateşin türevi 1.86 mg/mL, rutin 0.06 mg/ mL, p-kumarik asit 0.01 mg/mL, elajik asit 0.21 mg/mL, kuersetin 0.10 mg/mL ve siyanidin 0.48 mg/mL olarak tespit edilmiştir (Macit, 2018).

Öz vd. (2018), 2013 ve 2014 yıllarında sarı (*Rosa canina* L.) ve kara kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) örneklerinin C vitamini ve şeker miktarlarını yıllara göre karşılaştırmışlardır. C vitamini analizini HPLC cihazı kullanarak ÇSN EN 14130 metoduna göre, şeker analizini ise HPLC-RID cihazı kullanarak TS 13359 metoduna

göre gerçekleştirmişlerdir. C vitaminini 2013-2014 yıllarında kara kuşburnu meyvesinde sırasıyla 199.90 mg/100g ve 305.92 mg/100g olarak, sarı kuşburnunda ise sırasıyla 423.61 mg/100g ve 320.43 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Farklı kuşburnunu karşılaştırdıklarında, sarı kuşburnunun her iki yıla göre de C vitamini açısından kara kuşburnundan daha zengin olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, toplam şeker miktarlarını da aynı şekilde iki yıla ve kuşburnu çeşitlerine göre incelemiş, 2013-2014 yıllarında kara kuşburnunda sırasıyla 11.01 g/100g ve 16.57 g/100g olarak, sarı kuşburnunda ise sırasıyla 18.26 g/100g ve 16.32 g/100g olarak tespit etmişlerdir. 2013 yılında analiz edilen meyvelerin toplam şeker miktarının sarı kuşburnunda daha fazla olduğunu, 2014 yılında analiz edilen meyvelerin toplam şeker miktarının ise kara kuşburnunda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Ersoy (2019), 11 genotipten alınan kara kuşburnu meyvelerinde; meyve ağırlıklarını 1.56-2.01 g, meyve eti oranını %80.60-91.44, toplam kuru madde oranını %45.22-53.03, pH 2.84-3, C vitaminini 21.12-29.44 mg/100g, malik asiti %0.66-0.76, sitrik asiti %0.48-0.55, tartarik asiti %0.18-0.25, okzalik asiti %0.12-0.16, süksinik asiti %0.09-0.13, toplam antosiyanini 3.45-4.31 mg/100g, toplam fenolik maddeyi 971-1138 mg GAE/100g, antioksidan aktiviteyi (FRAP) 9.23-12.17 μ mol Fe (II)/g, glikozu %5.64-6.11, fruktozu %4.11-4.51, sorbitolu %3.98-4.10, sakarozu %0.22-0.32 değerleri arasında tespit etmiştir.

Odabaş ve Koca (2020), antosiyaninin kara kuşburnundan sulu iki fazlı ekstraksiyon (ATPE) prosesinin optimizasyonu ve antosiyanin açısından zengin kara kuşburnu ekstraktının mikroenkapsülasyonu ile ilgili çalışmalarında, optimal ATPE koşullarını %0 HCl, %30 etanol, %19 amonyum sülfat, sıvı/katı oranı 51.71, 97.71 dakika ve ekstraksiyon sıcaklığı 30°C şekilde belirlemişlerdir. Optimum koşullarda antosiyanin verimini 15.79 mg siyanidin 3-glukozit eşdeğeri/g kuru meyve olarak kaydetmişlerdir. Araştırmacılar ATPE prosesinin, geleneksel solvent ekstraksiyonuna (CSE) kıyasla antosiyaninlerin saflığında 1.80 kat artış sağladığını tespit etmişlerdir. Çalışmada antosiyaninlerin bileşimini HPLC-QTOF-MS ile belirlemiş, mikrokapsüllü antosiyanin pigmentlerinin üretimi için dondurarak kurutma ve püskürterek kurutma yöntemlerini kullanmışlardır.

Pashazadeh vd. (2020), kara kuşburnu meyvelerini çaya işlemek amacıyla kurutmuşlardır. Kurutma öncesi taze meyvelerde, ortalama et/çekirdek oranını 2.50, en ve boyu 17.82 ile 15.54 mm, L^* değerini 28.64, a^* değerini 2.64, b^* değerini 3.22,

kuru maddeyi %44.90, ÇKM'yi %21, pH'yı 4.71, su aktivitesini 0.9511, toplam fenolik maddeyi 13.94 mg/g, toplam antosiyanini 9.65 mg/g, DPPH' yi 311.97 mmol/g ve FRAP değerini 50.69 mmol/g olarak belirlemişlerdir.

Çakır ve Ergen (2021), Bayburt ilinde yetişen kara kuşburnu meyvesinin özelliklerini araştırmak amacıyla DPPH, ABTS, CUPRAC ve β -karoten ağartma yöntemlerini kullanarak kara kuşburnu meyvesinin antioksidan özelliklerini iki farklı çözücü (su ve metanol) ekstraktlarında belirlemişlerdir. Toplam fenolik madde içeriğini Folin-Ciocalteu ayıracıyla, bireysel fenolik bileşikleri HPLC cihazı ile analiz etmişlerdir. Çalışmada ayrıca meyvenin mineral madde içeriğini ve bazı fizikokimyasal özelliklerini de belirlemişlerdir. Kara kuşburnunun antioksidan miktarını CUPRAC, β -karoten ağartma, ABTS ve DPPH yöntemleri ile su ekstraktında sırasıyla 0.56 mmol TR/g, %97.02, %88.65 ve %86.69; metanol ekstraktında ise sırasıyla 0.99 mmol TR/g, %95.21, %93.43 ve %85.21 olarak tespit etmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarının sulu ekstraktta (9.29 mg GAE/g) metanol ekstraktından daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca kara kuşburnu meyvesinin en yüksek fenolik bileşen içeriklerinin sırasıyla klorojenik asit, vanilik asit ve gallik asit olduğunu, en yüksek mineral madde içeriklerinin ise sırasıyla K, P, Mg, Ca, Na, Zn, Mn, Si, Al, Rb, Cu, Ni, Cd, Sr, Pb, Ba, Co, V, Cs ve Cr olduğunu rapor etmişlerdir. Sonuç olarak, kara kuşburnu meyvesinin sahip olduğu yüksek fenolik bileşik, mineral içeriği ve önemli antioksidan aktivitesi nedeniyle çok iyi bir doğal besin kaynağı olduğunu ifade etmişlerdir.

Odabaş ve Koca (2021), kara kuşburnundan antosiyaninlerin eldesi ve saflaştırılmasında mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE), mikrodalga destekli sulu iki fazlı ekstraksiyon (MA-ATPE) ve etanol/amonyum sülfat sulu iki fazlı sistem (ATPS) kullanmışlardır. MA-ATPE sürecini, tek faktörlü deneyler ve yanıt yüzeyi metodolojisi ile optimize etmişlerdir. Optimum antosiyanin verimlerini, %0 HCl, %26.85 etanol, %19.15 amonyum sülfat, sıvı/katı oranı 40, 17.29 dakika, 60 °C ve 400 W koşullarında belirlemişlerdir. MA-ATPE'nin optimum koşullarda tahmini antosiyanin verimini 1373.04 mg siyanidin 3-glukozit eşdeğeri/g kuru ağırlık olarak tespit etmişlerdir. MA-ATPE ile elde edilen antosiyanin bakımından zengin ekstraktın saflığının, %80 etanol (MAE) kullanılarak elde edilen mikrodalga destekli ekstraktan 1.65 kat daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir. Antosiyaninlerin bireysel karakterizasyonunu HPLC-QTOF-MS ile yapmışlardır. Araştırmacılar, MA-ATPE'nin

MAE ile karşılaştırıldığında, antosiyanin bileşimi üzerinde belirgin bir etki yapmadığını saptamışlardır. Sonuçlar doğrultusunda MA-ATPE' nin, farklı bitki materyallerinden antosiyaninlerin ekstraksiyonu ve ön saflaştırılması için umut verici bir yöntem olabileceğini ifade etmişlerdir.

Pashazadeh vd. (2021b), *Rosa canina* L. (sarı ve kırmızı olgunlaşma evreleri) ve siyah kuşburnunun fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerini karşılaştırmışlardır. En büyük meyve boyunu kırmızı kuşburnunda, en büyük genişliği ve en yüksek et/tohum oranını kara kuşburnunda tespit etmişlerdir. Ayrıca en yüksek L^* , a^* ve b^* değerlerini sarı kuşburnunda, en düşük L^* değerini kırmızı kuşburnunda, en düşük a^* ve b^* değerlerini ise kara kuşburnunda belirlemişlerdir. Meyvelerin pH, ÇKM ve kuru madde miktarlarını sırasıyla %3.68-4.70, 21.01-25.86 °Bx ve %39.28-54.06 değerleri aralığında saptamışlardır. En yüksek C vitaminini sarı (9.78 mg AAE/g), ardından kırmızı (7.63 mg AAE/g) ve kara (2.99 mg AAE/g) kuşburnunda bulmuşlardır. En yüksek toplam fenolik madde, toplam flavonoid, DPPH radikal temizleme ve FRAP değerlerini sırasıyla kara kuşburnunda 43.60 mg GAE/g, 18.90 mg ECE/g, 311.97 mmol TE/g ve 50.70 mmol ISE/g; ardından kırmızı kuşburnunda 37.08 mg GAE/g, 13.17 mg ECE/g, 246.23 mmol TE/g ve 43.72 mmol ISE/g ve sarı kuşburnunda 18.15 mg GAE/g, 5.60 mg ECE/g, 139.88 mmol TE/g ve 32.78 mmol ISE/g olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, LC/MS/MS sonuçlarına göre çeşitler arasında önemli farklılıklar bulunduğunu ifade etmişlerdir. *Rosa canina*'da tespit edilen başlıca fenolik bileşiklerin protokateşik asit, kikorik asit, protokateşik asit ester, p-kumarik asit, klorojenik asit, kafeik asit, naringenin, hesperidin, siyah kuşburnunda tespit edilen başlıca fenolik bileşiklerin ise kateşin, epikateşin, kersetin 3-glukozit, rutin, klorojenik asit, gallik ve tanik asit olduğunu rapor etmişlerdir. Bu sonuçlardan yola çıkarak sarı ve kırmızı kuşburnunun C vitamini açısından daha zengin olduğunu, kara kuşburnunun ise en yüksek antioksidan özellik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ayazoglu vd. (2021), yaptıkları çalışmada kara kuşburnu ekstraktının antioksidan özelliklerini belirlemeyi ve insan kolon (WiDr), karaciğer (HepG2) ve akciğer (A549) kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisini normal bir fibroblast (BJ) hücre hattına kıyasla değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Ekstraktın antioksidan özelliklerini spektrofotometrik yöntemler ile belirlemişler, sitotoksik etkisini ise MTT testi kullanarak değerlendirmişlerdir. Ekstraktın toplam fenolik içeriği, toplam flavonoid içeriği ve indirgeme gücü değerlerini g örnek başına sırasıyla 16.4 ± 0.4 mg gallik asit

eşdeğeri, 5.2 ± 0.2 mg kuersetin eşdeğeri ve 34.3 ± 2.4 mg troloks eşdeğeri olarak saptamışlardır. Ekstraktın BJ hücrelerine kıyasla üç kanser hücresi hattı üzerinde doza bağımlı bir şekilde seçici sitotoksik etki sergilediği, buna rağmen en yüksek seçicilik indeksi değerinin (2.7 kat) WiDr hücre hattı için elde edildiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmanın kara kuşburnunun kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisini gösteren ilk çalışma olduğunu belirten araştırmacılar bu sitotoksik etkinin moleküler mekanizmasını göstermenin ve *in vivo* çalışmaların yapılmasının gelecekteki klinik çalışmalar için yol gösterici olabileceğini ifade etmişlerdir.

2.1.3. Kara Kuşburnunun Gıda Sanayinde Kullanım Alanları

Kuşburnu; reçel, marmelat, meyve suyu, şurup ve çay dahil olmak üzere birçok ürüne işlenen bir meyvedir. Fermente içeceklerin ve yüksek değerli kozmetik yağların üretiminde kullanılmaktadır (Nowak, 2005). Meyveler, gıdaların fonksiyonel özelliklerini geliştirmekte ve şekerleme, hamur işleri gibi ürünlerde katkı maddesi olarak kullanımları önemli bir yer teşkil etmektedir (Zhao et al., 1988). Ayrıca kuşburnu, ekmek yapımında iştah açıcı ve lezzet verici olarak kullanılmakta, antioksidatif özellik kazandırmak için hidrojenize yağlara katılmakta, kek hamuruna fenolik bileşiler ile zenginleştirme amacıyla ilave edilmektedir (Sirokhman, 1981; Erdem vd., 2021). İçeceklere renk vermek amacıyla ve probiyotik içeceklerde, yoğurtlarda, çorbalarda sağlık takviyesi olarak da kullanılmaktadır (Demir et al., 2014). Bazı meyve sularının vitamince zenginleştirilmesinde katkı maddesi olarak, çocuklara veya yetişkinlere sütü sevdirmek amacıyla aroma verici olarak da kullanım alanı bulunmaktadır (Vaitsenavichene et al., 1973; Winwood, 1987). Günümüze kadar kuşburnunun kurutulması (Erentürk et al., 2005), marmelata işlenmesi (Didin vd., 1996; Kadioğlu ve Yavru, 1996; Türkben et al., 2010; Demir, 2020), çaya işlenmesi (Steger and Wallnofer, 1992; Spiro and Chen, 1993; Keleş ve Kökosmanlı, 1996; Acar ve Demir, 2001; Kavaz, 2019; Aslaminabad, 2020), nektara ve pulpa işlenmesi (Yamankaradeniz, 1983; Özdemir vd., 1998; Karhan et al., 2004; Adıgüzel, 2006; Yolcu, 2010; Duru et al., 2012; Duman, 2014; Değirmenci et al., 2018; Bulut, 2019; Saricaoglu et al., 2019; Atalar et al., 2020), pestile işlenmesi (Quintero et al., 2014), meyve suyuna işlenmesi (Altan, 2014) ve sirke üretiminde kullanılması (Özdemir et al., 2022) ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ancak kara kuşburnunun değerlendirilmesine yönelik yayın sayısı oldukça kısıtlı olup, mevcut çalışmalar kısaca özetlenmiştir:

Yapılan bir çalışmada, kara kuşburnu ile karaduttan elde edilen antosiyanin esaslı ekstraktlar ilave edilerek 5 farklı nar reçeli üretilmiştir. Bu amaçla karadut ve kara kuşburnu meyvelerinden etanol ve asit (h/h; 50:50) çözücülerini kullanılarak klasik ve ultrasonik yöntemle 4 farklı antosiyanin bazlı ekstrakt üretilmiştir. Reçeller oda sıcaklığında (20 °C) 60 gün süreyle depolanmış ve 0, 20, 40 ve 60. günlerde bazı özellikleri incelenmiştir. Antosiyanin bazlı ekstraktların gallik asit, klorojenik asit, (-)-epikateşin ve kaempferol-3-glikozit; reçellerin yüksek miktarda gallik asit ve klorojenik asit içerdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, karadut ve kara kuşburnu ekstraktlarının, zengin fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite kaynakları oldukları için nar reçeli vb. gıdaların rengini iyileştirmek ve antioksidan aktivitelerini arttırmak amacıyla kullanılabilecekleri ifade edilmiştir (Engin, 2019).

Yapılan bir araştırmada, kara kuşburnu meyvesinin yenilebilir kısmı ve tohumlarından %7 asetik asit ile asitlendirilmiş etanol:su ve su çözücülerini kullanılarak ultrasonik ve klasik ekstraksiyon yöntemleri ile antosiyanin esaslı ekstraktlar hazırlanmıştır. Bu ekstraktlar, dondurma karışımına renklendirici olarak %5 oranında ilave edilmiş ve dondurma örnekleri 6 ay süreyle saklanmıştır. Depolamanın 0, 2, 4 ve 6. aylarında dondurmaların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, toplam antosiyanin miktarları ve antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Meyvenin yenilebilir kısmı, çekirdeği ve ekstraktlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin miktarları, mineral madde bileşimleri (ICP-MS yöntemi), kimyasal bileşimleri (GC-MS yöntemi), toplam antosiyanin miktarları, antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda meyvenin yenilebilir kısmının ve çekirdeğinin kuru madde miktarları %42.06 ve %79.77, toplam şeker miktarları 2.64 ve 1.86 g/100g, kül miktarları %2.41 ve %0.97, protein miktarları %3.12 ve %4.59, titrasyon asitliği değerleri %0.18 ve %0.75, pH değerleri 4.69 ve 5.73, *L* değerleri 14.15 ve 41.91, *a* değerleri 4.60 ve 9.92, *b* değerleri 0.64 ve 12.18, kromadeğerleri 4.65 ve 15.71 ve *Hue* değerleri 7.82 ve 50.82 olarak tespit edilmiştir. Meyvenin yenilebilir kısmının ve çekirdeğinin C vitamini içerikleri 2390 mg/100 ml ve 590 mg/100ml, toplam fenolik madde içerikleri 340.70 µg GAE/mg ve 87.00 µg GAE/mg, toplam antosiyanin miktarları 14.47 mg/100 g ve 4.25 mg/100 g, DPPH• serbest radikal giderme aktiviteleri 38.35 µg/ml ve 185.85 µg/ml ve ABTS•+ radikal giderme aktiviteleri 9.42 µg/ml ve 42.74 µg/ml olarak saptanmıştır. Kuşburnunun yenilen kısmı ve çekirdeğinin potasyum içeriğinin yüksek düzeyde olduğu ayrıca

meyvenin yenilen kısmı, çekirdeği ve ekstraktlarında toplam 115 kimyasal bileşik belirlendiği rapor edilmiştir (Zor, 2019).

Pashazadeh vd. (2020), kara kuşburnu meyvelerinin kurutma ve rehidrasyon kinetiğinin modellenmesi ve çayının hazırlama koşullarının optimizasyonunu araştırmak amacıyla meyvelerin kuruma ve rehidrasyon davranışlarını tahmin etmek için farklı modeller kullanmışlardır. Çay hazırlamada antioksidan aktivite açısından üstün ürün eldesini optimize etmek için yanıt yüzey metodolojisini kullanmışlardır. Çayları hazırlarken en yüksek antioksidan özelliği gösteren 70 °C-1.75 m/s'de kurutulan meyveleri tercih etmişlerdir. Çay hazırlama için optimum koşulların 15 dakika kaynatma süresi ve 1.5 g katı-sıvı oranı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar kara kuşburnu meyvelerinin endüstriyel bir ürün olarak değerli olduğunu ifade etmişlerdir.

Pashazadeh vd. (2021c), kara kuşburnu meyvelerinden yüksek fonksiyonel özelliklere sahip sirke üretilmesini ve böylece meyvenin katma değeri yüksek bir ürüne dönüştürülmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, kara kuşburnu şarap ve sirkesinin meyve suyundan daha yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip olduğunu ve en yüksek toplam fenolik içerik, toplam antosiyanin içeriği, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivitenin şarapta bulunduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, şarap ve sirke'deki en önemli biyoaktif bileşiklerin gallik asit, kateşin, ellajik asit, protokateşik asit ve epikateşin olduğunu, sirke yapımı aşamasında C vitamini içeriğinin önemli ölçüde arttığını ve sirkeye olumlu bir özellik kazandırdığını belirlemişlerdir. Sirkenin ana bileşenleri 2-feniletanol, asetik asit, oktanoik asit, etil asetat, feniletil asetat ve 3-metil-1-butanol olan toplam 28 uçucu aroma bileşiği ve heksil-salisilat, 4-terpineol ve dihidro-metil jasmonat açısından öne çıktığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın, kara kuşburnu sirkesinin aroma bileşiklerindeki zenginliğini ve fonksiyonel yönlerini gösterdiğini belirten araştırmacılar, tüketilebilirliği ve işlenebilirliği sınırlı olan kara kuşburnu meyvesinin özellikle sirke üretimi için uygun bir hammadde olduğunu, kara kuşburnu meyvesinin muazzam antioksidan aktivitesinden yararlanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Pashazadeh vd. (2021d), farklı katı-sıvı oranlarında elde edilen *R. canina* ve *R. pimpinellifolia* çaylarının antioksidan özelliklerini karşılaştırmışlardır. İnfüzyonları, 1.5, 2 ve 2.5 g kuru meyvenin 100 mL kaynatılmış distile su ile karıştırılmasıyla hazırlamışlardır. *R. canina* çayı için, toplam fenolik madde, C vitamini, DPPH radikal

giderme etkisi ve FRAP değerlerini sırasıyla 75.43-98.43 mg GAE/g, 1.68-2.35 mg AAE/g, 184.91-278.04 mmol TE ve 205.49-226.35 mmol ISE/g aralığında belirlemişlerdir. *R. canina* ayında tespit edilenen yüksek toplam fenolik madde (98.43 mg GAE/g) ve C vitamini (2.35 mg AAE/g) değerlerinin 1.5 g örnek ile hazırlanan ayda bulunduğunu ifade etmişlerdir. *R. pimpinellifolia* ayında; toplam fenolik madde, toplam antosiyanin içeriği, DPPH ve FRAP değerlerini sırasıyla 101.52-133.50 mg GAE/g, 3.54-4.22 mg c3g E/g, 336.37-451.05 mmol TE/g ve 190.98-421.25 mmol ISE/g aralığında saptamışlardır. En yüksek toplam fenolik madde (133.50 mg GAE/g), toplam antosiyanin (4.22 mg c3g E/g) ve antioksidan aktivitenin 2 g ile hazırlanan örneklerde bulunduğunu tespit etmişlerdir. Araştırıcılar bu bulgular doğrultusunda *R. canina* ve *R. pimpinellifolia* aylarının zengin doğal antioksidan kaynakları olduğunu ayrıca eklenen numune miktarının meyve aylarının antioksidan özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini ifade etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada kara kuşburnu meyvesinden çay üretimi amaçlanmıştır. Kuşburnu meyveleri güneşte, kurutma dolabında ve liyofilizasyon yöntemiyle kurutulmuştur. Kuşburnu ayı için kurutulmuş kuşburnu meyveleri 15 ve 30 dakika demlenmiştir. Renk (*L*, *a* ve *b*) değerleri sırasıyla 10.01, +2.35, +4.16, toplam kuru madde miktarı 37.72 g /100g, kül miktarı 3.53 g /100g, pH değeri 4.75, titrasyon asitliği 1.12, C vitamini 63.35 mg/100g olarak belirlenmiş, indirgen şeker 15.33g/100g, sakaroz 1.93g/100g, toplam şeker 19.29g/100g, toplam fenolik madde 286.31 mg GAE/g, toplam monomerik antosiyanin 3261.29 mg/kg ve IC50 değeri taze kuşburnu meyvelerinde 9.63 (DPPH yöntemi) olarak tespit edilmiştir. Kurutma yönteminin, kuru madde, kül, titre edilebilir asitlik, toplam şeker, sakaroz, indirgen şeker, toplam fenolik içerik, antioksidan aktivite, C vitamini, renk (*L*, *a*, *b*, *C* *, *H* °), toplam monomerik antosiyanin üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir ($p<0.01$). *L* değerinin infüzyon sresinden önemli ölçüde etkilendiği saptanmıştır ($p<0.01$). Kuşburnu aylarının *a* ve *b* değerleri üzerinde kurutma yönteminin önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Kuşburnu aylarının toplam monomerik antosiyanin, fenolik içeriği ve IC50 değeri kurutma yöntemi ve infüzyon süresine göre değişmiştir ($p<0.01$). Toplam antosiyanin miktarının 30 dakikalık infüzyon süresinde, toplam fenolik içeriğin 15 dakikalık infüzyon süresinde, antioksidan aktivitenin ise 30 dakikalık infüzyon süresinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kara

kuşburnu çayının toplam antosiyanin ve toplam fenolik maddelerce zengin ve yüksek antioksidan aktivitesi nedeniyle sağlığa faydalı olduğu ifade edilmiştir (Kavaz, 2019).

2.2. Kurutma Teknolojisi

Kurutma, meyve ve sebzeler için yaygın olarak kullanılan muhafaza yöntemlerinden biridir. İlk olarak, sebzeleri kurutma amacıyla 18. yüzyılda uygulanmıştır (Vega-Mercado et al., 2001). Kurutma işlemi, su aktivitesini ve mikroorganizmaların gelişimini azaltır, enzimatik aktiviteyi düşürür ve oda sıcaklığında raf ömrünü uzatır. Kurutma işlemi, ürün hacmini azaltarak paketlemeyi, depolama ve nakliyyeyi kolaylaştırır (Doymaz and Karasu, 2018). Meyve ve sebzeler sadece ham lif kaynağı değil, aynı zamanda temel besin, vitamin ve mineral kaynağı oldukları için diyet ve beslenmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Meyve ve sebzelerin raf ömrünü artırmanın en kolay yollarından biri, gıdaların su içeriğini mikroorganizma çoğalması olmayacak düzeye indirmektir. Birçok meyve ve sebzenin bozulmasını önlemek, her mevsim onlara ulaşmayı mümkün hale getirmek için soğutma, kurutma vb. farklı teknolojiler geliştirilmiştir (Sacilik et al., 2006; Vega-Mercado et al., 2001).

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında en yaygın kullanılan yöntemler, güneşte (açık havada) kurutma, sıcak hava ile yani konvektif kurutmadır (Doymaz ve İsmail, 2011). Güneşte kurutma, basit olması ve sermayeye ihtiyaç duyulmaması gibi avantajlara sahiptir. Ancak, yağmur ve bulutluluk durumu gibi olumsuz koşullar, dış kaynaklardan gelen kirlilik gibi kurutma koşullarının kontrolünü zorlaştıran birçok teknik soruna sahiptir. Geniş alana ihtiyaç duyulması ve uzun kuruma süresi gerektirmesi, son ürünün, toz ve böcek vs kontaminasyonuna açık olması, enzim ve mikrobiyal aktivitenin kontrolünün zor olması gibi birçok dezavantaja sahiptir (Acar, 2016). Bu dezavantajları nedeniyle, günümüzde kontrolü mümkün olan kurutma teknikleri geliştirilmiştir. Son yıllarda teknolojiye paralel olarak kurutma endüstrisi de gelişme göstermiştir. Mikrodalga, dondurarak, ozmotik, püskürtmeli, vakum ve akışkan yatak kurutma gibi yeni gıda kurutma yöntemleri geliştirilmiştir (Vega-Mercado, et al., 2001). Geliştirilen bu teknolojilere rağmen konvektif kurutma basit ve ucuz olması nedeniyle daha sık tercih edilmektedir (Acar, 2016).

Konvektif kurutmada, ısı ve kütle transferini kolaylaştırmak için kurutulacak gıdayla ısıtılmış hava temas eder. Konvektif kurutmada gerçekleşen temel olaylar,

kurutulan gıdanın yüzeyine suyun aktarılması ve yüzeyden su buharının uzaklaştırılmasıdır. Konvektif kurutma sistemleri kendi içerisinde farklılıklar göstermektedir. Bunların başlıcaları kabin (tepsili), tünel, konveyör ve döner kurutma sistemleridir (Acar, 2016).

Kabin kurutucu sistemleri genelde laboratuvar tipi kurutuculardır. Kabin veya tepsili kurutucular; en basit şekli ile bir motor, fan ve tepsilerden oluşur. Bu kurutucularda hava sıcaklığı 40-180 °C ve hava hızı 0-6 m/s arasındadır. Kurutulacak ürünler bu cihaz içerisine tek kat halinde düzgün bir şekilde serilir ve kurutulur. Tepsili kurutma sisteminde, cihazın boyutu ve kapasitesine göre içerisindeki döner tepsiler değişmekte olup, bu sistemde nem ve ağırlık kaybı, otomatik olarak ayarlanabilecek her dakika ve saatte gözlemlenebilmektedir. Bu sistemin dezavantajı, kurutma sistemi içerisinde, hava hızı ve hava sıcaklığının her noktada aynı olmamasından kaynaklanan gıdada homojen kurutmanın sağlanamamasıdır (Acar, 2016; Kutlu, 2013).

2.2.1. Meyve ve Sebze Kurutma İle İlgili Bazı Kaynaklar

Ochoa vd. (2002b), kuşburnu (*Rosa Rubiginosa* L.) meyvelerinin 50, 55, 60, 65 ve 75 °C sıcaklıklarda, 1, 2, 3, 5 m/s hava hızlarında ve %5 ile %50 hava bağıl nemlerinde konvektif kurutulmaları sırasında meydana gelen büzüşme değişikliklerini incelemişlerdir. Hacim değişikliklerini piknometrik tekniklerle ve mikrometre ile geometrik ölçümler ve geometrik ölçümlerden yüzeysel alan ile değerlendirilmiştir. Kısmen kurutulan meyvelerin nem içeriği ile boyutsuz hacim değişimi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu saptamış ve alanın üçüncü dereceli bir polinoma göre neme bağlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Kurutulmuş çeşitli meyve ve sebzelerin (elma, patates, havuç, muz, biber, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, bezelye, mısır, balkabağı ve domates) farklı sıcaklıklarda rehidrasyon kinetiği inceleyen Krokida vd. (2003), ürünleri 70°C'de ve %10 hava neminde bir hava kurutucusunda kurutmuş, ardından 40, 60 ve 80°C'de rehidre etmişlerdir. Çalışmada birinci dereceden kuruma modelini kullanmışlardır. Ele alınan modelin parametrelerinin rehidrasyon sırasında su sıcaklığından büyük ölçüde etkilendiğini saptamışlardır. Özellikle sıcaklık artışının, rehidrasyon oranını ve yeniden su kazandırılan ürünlerin denge nem içeriğini artırdığını ifade etmişlerdir.

Kuşburnunun ince tabaka halinde kurutulmasında hava sıcaklığı, hızı ve neminin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kurutma deneyleri için bir laboratuvar tipi

kurutucu kullanılmıştır. Sistem 50-80°C aralığında hava sıcaklığı, 1.67-3.10 ms⁻¹ aralığında hava hızı ve 0.005-0.08 kg [buhar]/kg[kuru hava] aralığında mutlak nem koşullarında çalıştırılmıştır. Literatürde mevcut olan altı matematiksel model deneysel verilere uyarlanmıştır. Altı model için değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılması ile logaritmik modelin kurutma özelliklerini diğer denklemlere göre daha iyi temsil ettiği sonucuna varılmıştır (Erenturk et al., 2004).

Marquez vd. (2006), kuşburnu meyvelerinin (*Rosa eglanteria* L.) kurutma kinetiğini 50, 60, 70, 80 °C sıcaklıklarda, 1, 2, 3, 5 m/s hava hızlarında ve %5 ile %50 bağıl nem koşullarında incelemiştir. Verileri tatmin edici bir doğrulukla yorumlamak amacıyla katıların içindeki difüzyon için tahmin modelini seçmişlerdir. Bu yerleştirme prosedürüyle, kuşburnundaki suyun difüzyon katsayılarının 7.501×10^{-11} (50 °C) ile 3.367×10^{-10} (80 °C) m²/s arasında değiştiğini ve $E_a=46$ kJ/mol olduğunu belirlemişlerdir.

Doymaz (2007), domateslerin kuruma özelliklerini 55, 60, 65 ve 70 °C’de 1.5 m/s hava hızında incelemiştir. Kurutmadan önce, domatesleri alkali etil oleat çözeltisine (%2 etil oleat+%4 potasyum karbonat) daldırarak, işlem görmemiş domatesleri kontrol grubu olarak belirlemiştir. Deneyler sırasında, domatesleri %94.5’ten %11’lik nihai nem içeriğine kadar kurutmuştur. Araştırmacı, ön işlemin ve hava sıcaklığının kuruma seyrini ve hızını etkilediğini belirlemiştir. Hava sıcaklığının 55-70 °C aralığında artışının, domateslerin kuruma hızını belirgin şekilde artırdığını saptamıştır. Deneysel verileri iki kurutma modeline (Henderson ve Pabis ile Page modelleri) uygulamıştır. Page modelinin, domateslerin kuruma eğrisini en iyi şekilde tanımladığını ifade etmiştir.

Yapılan bir çalışmada, kurutma sıcaklığının bir fonksiyonu olarak askorbik asit bozunmasını incelemek için kuşburnu (*Rosa eglanteria*) meyvelerin kimyasal bileşimi belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda bu bileşenin içeriğinin azaldığı rapor edilmiştir. Bozunma mekanizmalarının kurutma sıcaklığına göre farklılık gösterdiği ancak nihai askorbik asit içeriğinin bu tür çalışma değişkenlerinden neredeyse bağımsız olduğu saptanmıştır. Degradasyonun kinetik parametrelerini hesaplamak için deneysel modeller kullanılmıştır. Çalışmada bozunmanın derecesi önemli olsada, bu meyve için yüksek başlangıç içeriği göz önüne alındığında, askorbik asidin nihai muhafızasının %42 olduğu tespit edilmiştir (Pirone, et al., 2007).

Çileklerin laboratuvar kurutucusunda kurutma kinetiğini inceleyen Doymaz (2007), alkali etil oleat solüsyonu ile ön işleme tabi tutulmuş ve işlenmemiş çilekleri, 1.2 m/s sabit hava hızıyla 50, 55 ve 65 °C sıcaklıklarında kurutmuştur. Kurutma hızı eğrileri, kurutma işleminin sadece düşen hız döneminde gerçekleştiğini göstermiştir. Lewis, Henderson ve Pabis'in ince tabaka kurutma modellerini, logaritmik, Page, Wang ve Singh modeline göre değerlendirmiştir. Logaritmik modelin, hem 50 hem de 55 °C sıcaklıkları için çileğin özelliklerini tanımlamada daha iyi bir model olduğunu tespit etmiştir. Wang ve Singh'den elde edilen değerlerin, 65 °C sıcaklık için diğer modellere göre daha makul bulunduğunu ifade etmiştir.

Kızılcık (*Cornus mas* L.) meyvelerinin kurutulması sırasında kurutma özelliklerini ve enerji ihtiyacının araştırıldığı bir çalışmada taze hasat edilen kızılcık meyveleri paralel hava akışlı tip bir kurutucuda 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Kurutma havası hızları her sıcaklık için 0.3, 0.6 ve 0.9 m/s olarak belirlenmiştir. Kızılcık meyveleri %233'lük ilk nem içeriğinden (kuru yüzde esasına göre) %8'lik nihai nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Sonuçlara göre kurutma havası sıcaklığının toplam kurutma süresini önemli ölçüde etkilediği ve hava hızının da kurutma için toplam enerji gereksinimini etkilediği belirlenmiştir. Bunun aksine, kurutma havası hızının toplam kuruma süresine etkisi daha az bulunmuştur. Kızılcık meyvelerinin kurutulması için minimum ve maksimum enerji ihtiyacı da 70 °C, 0.3 m/s ve 50 °C, 0.9 m/s için sırasıyla 11.57 kWh/kg ve 39.55 kWh/kg olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak kurutma enerji tüketimini azaltmak amacıyla, tüm farklı sıcaklıklar için kurutma hava hızının 0.3 m/s'den fazla olmaması önerilmiş ve bu uygulama için en ideal sıcaklığın 70 °C olduğu ifade edilmiştir (Koyuncu et al., 2007).

Yapılan bir çalışmada kuşburnu meyvesi konveksiyonel kurutma yöntemi ile 4 farklı sıcaklıkta (50°C, 60°C, 70°C ve 90°C) kurutulmuştur. Çalışma sonucunda en hızlı kurutma 6 saat süre ile 90°C sıcaklıkta sağlanırken, en uzun kurutma süresi 30 saat ile 50°C sıcaklıkta belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre kurutma sıcaklığının artmasıyla birlikte örneklerin kuruma hızının da yükseldiği ifade edilmiştir (Pirone et al., 2007).

Chong vd. (2008a), farklı kurutma sıcaklıklarında (50, 60 ve 70 °C) chempedak meyvesinin (*Artocarpus integer*) kurutma kinetiğini araştırmışlardır. Kurutma verilerini, kurutma kinetiğini tahmin etmek için nem oranına (MR) dayalı farklı yarı teorik modellere uygulamışlardır. Test edilen tüm kurutma sıcaklıkları için bu

çalışmada en uygun logaritmik modeli bulmuşlardır. Kurutulan ürünün dokusu ve renginin, kurutma sırasında önemli ölçüde değiştiğini saptamışlardır. Toplam renk değişimi (ΔE), sertlik ve çiğnenebilirliğin artan sıcaklıkla arttığını; ancak kurutulmuş chempedak meyvesinin elastikiyetinin ve yapışkanlığının nispeten sabit kaldığını rapor etmişlerdir.

Kurutma koşullarının kuşburnunun antioksidan içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisini araştıran Koca vd. (2009), kuşburnunu 3 farklı hava sıcaklık (50, 60 ve 70 °C) ve hava akış hızında (0.5, 1.0 ve 1.5 ms⁻¹) kurutmuşlardır. Toplam fenolik maddenin en iyi 50 °C ve 1.5 ms⁻¹ hava akış hızında korunduğunu saptamışlardır. Toplam karotenoid ve antioksidan aktivitenin korunması için uygun kurutma koşullarının 70 °C ve 1.5 ms⁻¹ hava akış hızı; askorbik asitin en yüksek korunması için 60 °C kurutma sıcaklığı ve 1.5 ms⁻¹ hava akış hızının uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Hava sıcaklığının yaban mersini kurutma kinetiği, C vitamini, antioksidan kapasite, toplam fenolik içerik (TPC), enzimatik olmayan esmerleşmeye bağlı renk (NEB) ve kurutma sırasındaki sertlik üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, kurutma eğrileri Weibull modeli ile 50, 60, 70, 80 ve 90 °C'de tatmin edici bir şekilde modellenmiştir. Tüm çalışma sıcaklıkları için kurutma sırasında önemli C vitamini kayıpları rapor edilmiştir ($p < 0.05$). Kurutma sıcaklığı arttıkça ($p < 0.05$) başlangıç değerine kıyasla TPC azalmış ancak yüksek sıcaklıklarda (örneğin 90 °C) dehidrasyon ile bu antioksidan bileşenler için yüksek değerler belirlenmiştir. Radikal temizleme aktivitesinin yüksek sıcaklıklarda (80 ve 90 °C) kurutulan örneklerde düşük sıcaklıklarda (50, 60 ve 70 °C) kurutulanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Artan sıcaklıkla birlikte doku sıklığında bir azalma gözlemlenmiştir ($p < 0.05$) (López et al., 2010).

Adamczak vd. (2010), hava ile kurutma ve dondurarak kurutmanın Avrupa kuşburnu meyvelerinde flavonoidler, β -karoten ve organik asitlerin içeriğine etkisini incelemişler, kurutma koşullarının β -karoten ve organik asitlerin içeriği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu gözlemlemişlerdir. Liyofilize edilmiş örneklerin, oda sıcaklığında kurutulmuş kuşburnundan daha fazla organik asit ancak daha az β -karoten içerdiğini saptamışlardır. En büyük farklılığın askorbik asit içeriğinde bulunduğunu, liyofilizatlarıdaki askorbik asit içeriğinin oda sıcaklığında kurutulmuş örneklerden 5 kat daha yüksek ve ortalama olarak 1.225 g/100 g kuru ağırlık düzeyinde bulunduğunu belirlemişlerdir. Sitrik asit miktarının ortalama olarak %10 daha yüksek olduğunu

belirten araştırıcılar β -karoten için büyük farklılıklar rapor etmişlerdir. Hava ile kurutulmuş kuşburnu ile karşılaştırıldığında, dondurularak kurutulmuş kuşburnunun β -karoten içeriğinin ortalama %43 (74 mg/100 g) oranında daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada farklı hava sıcaklıklarında (30-70 °C) konvektif kurutma sırasında armut parçalarındaki kalite ve yapısal değişiklikler incelenmiştir. Atmosferik O₂ koşullarına tabi tutulduğunda askorbik asit bozulmasının birinci dereceden kinetik davranış sergilediği, ve hava sıcaklığı ile armut nem içeriğine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Artan hava sıcaklığı ile askorbik asit içeriğindeki kaybın arttığı saptanmıştır. Bunun olası nedeninin kurutma sırasında meydana gelen geri dönüşü olmayan oksidatif reaksiyon olabileceği ifade edilmiştir. Fenol içeriğinin bozunması birinci dereceden bir reaksiyona uymuş ve hava sıcaklığından önemli ölçüde etkilenmiştir. Yığın yoğunluğu, büzüşme ve gözeneklilikteki değişikliklerin esas olarak nem içeriğindeki değişikliklere bağlı olduğu belirlenmiştir. Gözeneklilik, nem içeriğine göre doğrusal olmayan bir değişim sergilerken hacim, doğrusal bir değişim göstermiştir. Kurutma sıcaklığı, sıcaklık yükseldiğinde numuneleri daha kırmızıya ve sarıya eviren enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu nedeniyle a^* ve b^* kolorimetrik parametrelerinde önemli bir artışa neden olmuştur (Djendoubi et al., 2012).

Kuşburnu meyvelerinin n işlemlili ve n işlemsiz olarak ince tabaka kurutulması için kuruma eğrilerini deneysel olarak belirlemek, kurutma işlem sürelerini azaltmak, meyvelerin dehidrasyon kinetiğini önermek ve kurutma kinetik parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, meyveler hem kimyasal (NaOH ve etil oleat çözeltilerine daldırılmış) hem de mekanik olarak ön işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra meyve hacmindeki büzüşme dikkate alınarak kinetik kurutma verilerine uyacak şekilde simülasyon modelleri benimsenmiştir. Sonuçlar, n işlemlerin kuruma sürelerini %57'ye kadar azalttığını göstermiştir (Mabellini et al., 2012).

Yapılan bir çalışmada taze hasat edilen kuşburnu (*Rosa eglanteri*) meyveleri sıcak hava kurutucuda 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda, 1, 2, 3 ve 5 m/s hava hızlarında ve %5 ile %50 hava nemlerinde kurutulmuştur. Tatmin edici bir doğrulukla yorumlamak amacıyla veriler bir bilgisayar yardımıyla hızla hesaplanmış ve difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Kurutma sıcaklığına bağımlı olarak difüzyon katsayıları

$7.501 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ (50 °C), $15.622 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ (60 °C), $22.639 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ (70 °C) ve $33.674 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ (80 °C) olarak tespit edilmiştir. Konvektif kurutma sıcaklığının renk üzerindeki etkisi incelendiğinde; 50 ile 90 °C arasındaki sıcaklıklarda kurutulan meyvelerin renk kaliteleri arasında nispeten farklılıklar olduğu saptanmıştır. Reaksiyon hızı sabitlerinin 50 °C için 0.235 ve 90 °C için 1.783 arasında değiştiği; aktivasyon enerjisinin 47.83 kJ/mol olduğu rapor edilmiştir (Ohaco et al., 2005).

Yapılan bir çalışmada, bazı parametrik değerlerin kuşburnu kurutma işlemine etkisi araştırılmıştır. Kurutma, laboratuvarında biri düzgün akışlı, diğeri dönen akışlı iki farklı türde konvektif kurutucu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma havası sıcaklığı 50, 60 ve 70 °C, hava hızı 0.5, 1 ve 1.5 m/s olarak belirlenmiştir. Elde edilen kurutma verilerine dayalı olarak matematiksel model geliştirilmiştir. Sonuç olarak; (i) sıcaklığın kurutma işlemi üzerinde en büyük etki olduğu, (ii) hava hızının kuşburnu kurutulması üzerinde daha az önemli etkiye sahip olduğu ve (iii) dönen akış koşullarında kurutulmuş kuşburnunun nem oranının daha düşük olduğu, kurutmanın daha kısa zamanda gerçekleştiği ifade edilmiştir (Biçer, 2009).

Şen (2010), *Rosa canina* ve *Rosa dumanis* meyvelerini güneşte kurutma, gölgede kurutma, 540 W, 720 W, 900 W’ da mikrodalgada kurutma, 100-200 mmHg basınç değerleri ile 50 ve 70 °C’nin kombinasyonunu kullanarak vakumlu kurutma teknikleri ile kurutmuştur. Elde edilen verilere göre mikrodalga ve vakumla kurutma tekniği ile kurutulan örneklerin, gölgede ve güneşte kurutulan örneklerle göre daha hızlı kuruduğunu, örneklerin renk ve besin içeriğinin de güneşte ve gölgede kurutulan örneklerde önemli ölçüde azaldığını saptamıştır. En yüksek C vitamini ve renk korunmasının mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş kuşburnularda olduğunu rapor etmiştir. Kurutma üzerine yaptığı modellemede en uygun modelin page modeli olduğunu ifade etmiştir.

Farklı nem içeriklerinde hasat edilen kuşburnunun (*Rosa canina* L.) mikrodalga kurutma kinetiğinin araştırıldığı bir çalışmada (Evin, 2011), deneyler değiştirilmiş bir mikrodalga kurutma düzeneğinde farklı mikrodalga güç çıkışlarında (90 ila 800 W) hem dilimlenmiş hem de bütün kuşburnu için gerçekleştirilmiştir. Başlangıç nem içeriği 0.44 ile 0.80 (g su/g kuru madde) olan kuşburnu, 0.1’den (g su/g kuru madde) daha düşük nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Mikrodalga güç seviyesi, başlangıç nem içeriği ve dilimlemenin nem içeriği ve kurutma hızı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kurutmanın azalan oran döneminde gerçekleştiği saptanmıştır. Kinetik

parametreleri belirlemek için, kurutma verileri 10 matematiksel ince tabaka kurutma modeline yerleştirilmiştir. Önerilen modeller arasında, Page modelinin kuşburnunun mikrodalga kurutma davranışını belirleme katsayısı 0.997 olarak yüksek bulunmuştur.

Bicer ve Kar (2013), konvektif bir kurutucuda kuşburnunun kuruma davranışının ve koşullarının deneysel bir araştırmasını yaptıkları çalışmalarında, kurutma deneylerini 50, 60 ve 70 °C hava giriş sıcaklıklarında ve 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızlarında gerçekleştirmişlerdir. Deneylerden elde edilen parametrik değerleri Newton matematiksel modellerine uydurmuşlar, Newton modeli ile geliştirilen kurutma modelinin, deneylerden elde edilen verilerle iyi bir uyum gösterdiğini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak; (i) kurutma işleminde sıcaklığın en önemli etken olduğunu, (ii) kuşburnunun kurutulmasında hava hızının etkisinin düşük olduğunu, (iii) C vitamininin sıcaklığa, neme, kuruma süresine ve akışa göre değiştiğini ifade etmişlerdir.

Engin vd. (2013), sıcak havayla kurutma sırasında Rio Grande domates çeşidindeki likopen, β -karoten ve askorbik asidin bozunma kinetiğini belirlemişlerdir. Domatesleri bir dolaplı kurutucuda beş farklı sıcaklıkta (60, 70, 80, 90 ve 100 °C), 0.2 m/s hava akış hızında ve %20 bağıl nemde kurutmuşlardır. Sıcak havayla kurutma sırasında domateslerde likopen, β -karoten ve askorbik asidin bozunma kinetiğinin, birinci dereceden bir reaksiyonu takip ettiğini saptamışlardır. Kurutma sıcaklığının, domateslerde likopen, β -karoten ve askorbik asit kaybı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirten araştırmacılar; likopen, β -karoten ve askorbik asit kayıpları için reaksiyon hız sabitlerinin aralığını sırasıyla 0.078-0.448, 0.084-0.38 ve 0.076-0.472 h⁻¹ olarak rapor etmişlerdir. Likopen ve askorbik asit için hesaplanan aktivasyon enerjisinin yaklaşık 47 kJ/mol ve β -karoten için 40 kJ/mol olduğunu ifade etmişlerdir. Domateslerde en etkili sıcaklık değişiminin likopen ve β -karoten bozunması için 70-80°C, askorbik asit bozunması için 60-70°C olduğunu belirlemişlerdir.

Yapılan bir çalışmada taze hasat edilen kuşburnu (*Rosa canina* L.), paralel akışlı tip bir hava kurutucusunda altı hava sıcaklığında (30, 40, 50, 60 ve 70°C) 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s hava hızlarında kurutulmuştur. Kurutmanın hava sıcaklığı ve hızı, kuruma süresini ve enerji gereksinimini önemli ölçüde etkilemiştir. Kuşburnunun kurutulması için minimum enerji ihtiyacı 70°C ve 0.5 m/s'de 6.69 kWh/kg, maksimum enerji ihtiyacı ise 50 °C ve 1.5 m/s'de 42.46 kWh/kg olarak belirlenmiştir. Kurutmada enerji tüketimini azaltmak için, kurutma havası hızının 0.5 m/s'den fazla olmaması ve

kurutma havası sıcaklığının 70°C olması tavsiye edilmiştir. Ayrıca, kurutulmuş kuşburnunun rengi üzerine kurutmada kullanılan hava sıcaklığının ve hava hızının etkisi incelenmiştir. Kurutulmuş kuşburnundaki toplam renk farkı (ΔE) değişimini değerlendirmek için Hunter L, a, b değerleri kullanılmıştır. 70°C'deki hava sıcaklığı ve 1 m/s hava hızı daha kaliteli son ürün eldesine yol açmıştır (Koyuncu vd., 2007).

Yapılan bir çalışmada geleneksel Çin tıbbında kullanılan *Rosa laevigata* Michx'in kurutma süreci, laboratuvar ölçekli bir kurutucuda araştırılmıştır. Kurutma deneyleri 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C ve 80 °C olmak üzere beş sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. *Rosa laevigata* Michx meyvelerinin kurutma sürecini tanımlamak için uygun bir model seçmek amacıyla deneysel veriler 10 farklı ince tabaka kurutma modeline yerleştirilmiştir. Sonuçlar Midilli modelinin dikkate alınan 10 model arasında en yüksek R^2 (0.999767), en düşük χ^2 (0.000034) ve RMSE (0.003616) değerine sahip olduğunu göstermiştir. Etkili nem yayılımı $1.49-30.20 \times 10^{-11} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ aralığında bulunmuştur. $1/T$ 'ye karşı $\ln D$ grafiği çizilerek elde edilen aktivasyon enerjisinin değeri yaklaşık 36 kJmol^{-1} olarak belirlenmiştir (Lin et al., 2013).

Rosa eglanteria meyvelerinin 70 °C'de hava ile dehidrasyonu sırasında etkin kütle difüzyon katsayılarını tahmin etmek için kütle transferi modellerini araştıran Mabellini vd. (2012), meyveleri kimyasal ve mekanik olarak ön işleme tabi tutmuşlardır (NaOH ve etil oleat çözeltilerine daldırılarak ve meyve kütikülü kesilerek veya delinerek). Elde edilen sonuçlara göre seçilen modeller, kurutma sırasında meyve büzüşmesini dikkate alan Becker ve Fick'in ikinci modeli olmuştur. Her iki modelin de meyve kurumasını ve mumlu kütikülü tamamen veya kısmen ortadan kaldırmak için farklı ön muameleleri tatmin edici bir şekilde tahmin ettiğini, su difüzyonunu gözle görülür şekilde iyileştirdiğini, işleme süresini %28'den (NaOH) %52'ye (oleat ve mekanik ön işlemler) düşürdüğünü belirlemişlerdir. Araştırmacılar, oleat kalite problemlerine yol açtığı için mekanik ön işlemlerin daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, elmaların kurutma özelliklerini belirlemek için konvektif tip bir kurutucu tasarlanmıştır. Çalışmada elma 20x20x4 mm boyutlarında doğranmıştır. Kurutma özelliklerini etkileyen parametrelerin hava sıcaklığı ve hava hızı ($T= 45^\circ\text{C}$; $V= 0.5, 1$ ve 1.5 m/s) olduğu varsayılp, sonuçlar kuruma süresinin fonksiyonu olduğu, hava hızının toplam kuruma süresi üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Özgen, 2014).

Yapılan bir çalışmada meyve kabuklarını kurutma işlemi için başlangıç materyali olarak kuşburnu küspesi, sakkaroz ve sitrik asit içeren bir formülasyon tercih edilmiştir. Uygulamada üç dehidrasyon tekniği (60 ve 70 °C' de gerçekleştirilen sıcak hava, kızılötesi ve vakum) kullanılmıştır. Tüm yöntemlerin, her iki sıcaklıkta da esnek, yarı saydam meyve kabuklarına yol açtığı belirtilmiştir. Renk ve su aktivitesinin, dehidrasyon yönteminden veya test edilen sıcaklıklardan etkilenmediği tespit edilmiştir. Antioksidan kapasite (TEAC) ve fenolik madde içeriği gibi beslenme parametrelerinde en iyi korumanın 60 °C'de vakumla kurutma ile sağlandığı ve değerlerin sırasıyla %57.5 ve %25.1 olduğu ifade edilmiştir. Kurutma yöntemlerinin ve koşullarının kabukların mikro yapısı üzerindeki etkisini değerlendirmek için ESEM gözlemleri yapılmıştır. Yüzey görüntülerinden sakkaroz kristalleşmesinin çeşitli dereceleri çıkarılmıştır. Kesit mikrograflarının, gözeneklerin boyutunun kurutma tekniğinden etkilendiğini, ancak incelenen aralıktaki sıcaklıktan etkilenmediğini gösterdiği rapor edilmiştir (Quintero et al., 2014).

Yapılan bir çalışmada sıcak hava (HA), kısa ve orta dalga kızılötesi (SMIR) radyasyonla kurutulan hünnap (*Zizyphus jujube Miller*) dilimlerinin kurutma kinetiği ve kalite özellikleri incelenmiştir. 60, 70, 80 ve 90 °C'de HA ve SMIR ile kurutulmaları sırasında hünnap dilimlerinin kurutma kinetiği araştırılmış; renk, C vitamini, toplam flavonoid içeriği ve siklikadenozin monofosfat içeriği gibi kalite özellikleri belirlenmiştir. SMIR tekniği daha hızlı ve kaliteli bir ürün sunmuştur. Konvektif kurutma kinetiğinin logaritmik modele uyduğu saptanmıştır (Chen et al., 2015).

Yapılan bir çalışmada, *Rosa rubiginosa* meyvelerinin rehidrasyon kinetiği üzerine perforasyon (delme), kurutma sıcaklığı ve rehidrasyon sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. Kurutulmadan önce meyve numunesinin yarısı, kurutma işlemini hızlandırmak için meyvenin ekvator düzlemi boyunca eşit aralıklarla üç kez delinmiştir. Örnekler, 5 m/s hava hızı ve %5 bağıl nem ile çeşitli hava sıcaklıklarında (60, 70 ve 80°C) kurutulmuş, kurutulan örnekler farklı sıcaklıklarda (20, 40, 60 ve 80°C) rehidre edilmiştir. Rehidrasyon kinetiği, Peleg ve Weibull modelleri uygulanmış ve her ikisinin de fenomeni delikli ve deliksiz meyvelerde iyi temsil ettiği gözlemlenmiştir. Kurutma sıcaklığından bağımsız olarak, delikli veya deliksiz kuşburnu meyvelerinin rehidrasyon sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, su absorpsiyon kapasitesinin de o kadar yüksek olduğu ifade edilmiştir. Kinetik parametrelerin sıcaklığa bağımlılığı, deliksiz meyveler için $E_a = 47.5$ kJ/mol (Peleg) ve 55.9 kJ/mol

(Weibull) ve delikli meyveler için $E_a = 40.1$ kJ/mol (Peleg) ve 45.5 kJ/mol (Weibull) olarak belirlenmiş; dolayısıyla delikli meyvelerin, deliksiz meyvelere göre rehidrasyon sıcaklığından daha fazla etkilendiği rapor edilmiştir. Delikli meyvelerin, deliksiz meyvelerden %30 daha hızlı rehidre olduğu belirtilmiştir (Ohaco et al., 2015).

Yapılan bir çalışmada, konvektif kurutucu kullanılarak 50 , 60 ve 70 °C hava sıcaklıklarında ve 0.5 , 0.9 ve 1.3 m/s hava hızlarında kurutulan alıç meyvesinin (*Crataegus* spp.) ince tabaka kuruma özellikleri ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Alıç kurutma işlemi azalan oran döneminde gerçekleşmiş, artan hava sıcaklığı ve hızı ile kuruma süresi azalmıştır. Kurutma işlemi sırasında elde edilen deneysel veriler 11 farklı matematiksel modele tabi tutulmuştur. Efektif nem difüzyon katsayıları ($Deff$), Fick'in difüzyon modeli ile hesaplanmış ve değerlerin 2.34×10^{-10} m²/s ile 2.09×10^{-9} m²/s arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aktivasyon enerjilerini belirlemek için Arrhenius denklemi uygulanmıştır. Artan hava sıcaklığı ve hava hızı ile büzüşme azalırken, rehidrasyon oranının arttığı görülmüştür (Aral et al., 2016).

Yapılan bir çalışmada karayemiş (*Laurocerasus officinalis* Roem.) meyveleri dört farklı sıcaklıkta (50 , 60 , 70 ve 80 °C) ve üç farklı hava hızında (0.5 , 1.0 ve 1.5 m/s) kurutulmuştur. Kurutma işleminin meyvelerin antioksidan özelliği (C vitamini, DPPH, FRAP ve toplam antosiyanin) üzerine etkisi incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek antioksidan aktivite 80 °C'de tespit edilmiştir. En yüksek askorbik asit kaybı (%70) 60 °C sıcaklık ve 0.5 m/s hava hızında, en düşük toplam fenolik madde içeriği 50 °C sıcaklık ve 0.5 m/s hava hızında, en düşük toplam antosiyanin içeriği 60 °C sıcaklık ve 0.5 m/s hava hızında belirlenmiştir. En düşük DPPH serbest radikal giderme aktivitesi ve FRAP değerleri sırasıyla 50 °C sıcaklık ve 1.5 m/s hava hızı ile 50 °C sıcaklık ve 0.5 m/s hava hızı uygulanan kurutulmuş meyvelerde gözlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, en düşük büzüşme, en fazla rehidrasyon ve en düşük toplam renk değeri 70 °C işlem sıcaklığına tabi tutulmuş örneklerde tespit edilmiştir (Gül, 2017).

Yapılan bir çalışmada, sıcak hava konvektif kurutucu ile kıvılcık (*Cornus mas* L.) meyvesinin kurutulmasının, kuruma kinetiği ve C vitamini bozulması üzerine etkisi araştırılmıştır. Kurutma işlemi 50 , 60 , 70 °C hava sıcaklığı ve 0.4 , 0.7 ve 1.0 m/s hava hızlarında uygulanmıştır. Yapılan analizlere göre hava hızı ve hava sıcaklığı ne kadar yüksek olursa kurutma işleminin o kadar kısa sürdüğü belirlenmiştir. Bu çalışmada kıvılcık meyvesinin kuruma kinetiğini belirlemek için 12 model

kullanılmıştır. En uygun modelin modifiye Henderson ve Pabis olduğu saptanmıştır. Çalışmada ayrıca, %42-54 aralığında C vitamini bozulması tespit edilmiştir (Polatoğlu and Beşe, 2017).

Yapılan bir çalışmada kuşburnu meyveleri kabin ve konvektif kurutucu kullanılarak 50, 60 ve 70 °C kurutma havası sıcaklıklarında kurutulmuştur. Yaş bazına göre %10-15 oranında kurutulan kuşburnu meyvelerinin kurutma performansı, ince tabaka ile optimal matematiksel kurutma modeli, etkin difüzyon (Deff) ve aktivasyon enerjisi değerleri belirlenmiştir. Meyveler için 50, 60 ve 70 °C kurutma havası sıcaklıklarında ortalama kuruma süreleri sırasıyla 16.5, 7.5 ve 7 saat olarak belirlenmiştir. Kuşburnu meyvelerinin kurutma modellerini oluşturmak için literatürde yaygın olarak kullanılan Midilli-Küçük, Page ve Yağcıoğlu matematiksel modelleri seçilmiştir. Oluşturulan kuruma modelleri içerisinde kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden ince tabakalı matematiksel modelin Midilli-Küçük modeli olduğu belirlenmiştir. Kurutma sıcaklıklarına göre belirlenen efektif difüzyon (Deff) değerleri 1.52×10^{-5} - 3.74×10^{-5} m²/s arasında değişmiş ve aktivasyon enerjisi değeri (Ea) 42.83 kJ/mol olarak rapor edilmiştir (Ergüneş ve Taşova, 2018).

Yapılan bir çalışmada, mikrodalga-vakum kombine kurutmanın (<%10 nem içeriği) kuşburnunun kuruma süresi ve bazı kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir. Kurutma işlemi farklı mikrodalga güçleri (50, 100 ve 150 W) ve mutlak basınçlar (40, 75 ve 110 mbar) altında gerçekleştirilmiştir. Dondurarak kurutma ve sıcak havayla kurutma (60 °C-1.5 m/s) yöntemleri de araştırılmıştır. Üç kurutma yönteminin de kurutulmuş kuşburnunun bazı kimyasal ve fiziksel kalite özelliklerine etkisi belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en kısa kuruma süresi, yüksek güç ve düşük mutlak basınç koşullarında gözlemlenmiştir. Tüm kimyasal analiz sonuçlarında (toplam fenolik içerik, toplam antioksidan aktivite miktarı ve askorbik asit miktarı) en düşük değer sıcak hava ile kurutulmuş numunelerde bulunmuştur. Toplam fenolik içeriğin, mikrodalga-vakumla kurutulan tüm numunelerde en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga-vakumla kurutulmuş örneklerin çoğunun, dondurarak kurutulan örneklerden daha yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahip olduğu, ancak en yüksek miktarda askorbik asitin (C vitamini) taze numuneden sonra dondurarak kurutulan numunelerde belirlendiği rapor edilmiştir. Mikrodalga-vakum ve dondurarak kurutma ile kurutulan numunelerin benzer açık ve gözenekli mikro yapıya sahipken, sıcak hava ile kurutulan numunelerin

tamamen kapalı ve gözeneksiz bir yapıya sahip olduğu saptanmıştır. Bu nedenle, mikrodalga-vakum ve dondurarak kurutma ile kurutulan örneklerin rehidrasyon oranı değerlerinin, sıcak hava ile kurutulan örneklerinden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Cin, 2019).

Paunović vd. (2019), kuşburnu meyvesini konveksiyonel kurutma ile 50 °C ve 60 °C sıcaklıklarda kurutmuş, kurutmanın taze kuşburnu meyvesine kıyasla besin elementi, toplam fenolik madde, askorbik asit, antioksidan kapasite ve toplam flavonoid içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Kurutma işleminden sonra askorbik asit, toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivitenin sırasıyla %56.3, %20.4, %31.3 ve %21.9 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Kuşburnunda en fazla bulunan elementlerin sırasıyla K (2963.0 mg/kg), Ca (1820.0 mg/kg), Mg (709.0 mg/kg), P (495.0 mg/kg) ve S (289.8 mg/kg) mg/kg olduğunu belirlemişlerdir. Sonuç olarak kurutulmuş kuşburnunun önemli antioksidan aktiviteye sahip zengin bir biyoaktif bileşik kaynağı olduğunu ifade etmişlerdir. Sunulan sonuçlar, kuşburnunun sağlık ve beslenme yararları ile gıda olarak geleneksel kullanımını desteklemektedir.

Tontul vd. (2019), kuşburnunun gıda olarak tüketimini artırmak amacıyla sıcak havayla kurutma (50, 60 ve 70 °C sıcaklık ve 1, 2, 3 m/s hava hızlarında) ve kırılma pencereli kurutma (90, 95 ve 98°C su havuzlu) yöntemleriyle kuşburnu püresini kurutup, renk, askorbik asit, antioksidan aktivite gibi özellikler açısından son ürünü incelemişlerdir. Sonuçlar doğrultusunda, kırılma pencereli kurutma ile üretilen kuşburnu tozunun tüm fizikokimyasal özelliklerinin, sıcak havayla kurutma ile üretilenlerden daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir. Kırılma pencereli kurutma yönteminde, kurutma sıcaklıklarının, kuşburnu tozunun fizikokimyasal özelliklerinde önemli farklılıklara neden olmadığını saptamışlardır. Sıcak havayla kurutmada hem kurutma sıcaklığı hem de hava hızının önemli renk değişimlerine neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kurutma sıcaklığının HMF içeriği üzerinde etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Genel olarak, kuşburnu pulpunun kırılma pencereli kurutma ile 90 °C'de kurutulmasını önermişlerdir.

Yapılan bir çalışmada kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesi gölgede, konvektif (50 °C) ve mikrodalgada (100, 300, 500, 700 ve 1000 W) kurutmaya nihai nem içeriği %11.14 olana kadar kurutulmuş, bu kurutma işlemleri sırasıyla 9360, 1080, 364, 162, 77, 45 ve 21 dakikada tamamlanmıştır. Kurutma ile ilgili elde edilen veriler

literatürdeki 21 farklı ince tabaka kurutma modeli ile modellenmiş ve gölgede, 50 °C, 300, 500 ve 700 W' da mikrodalga kurutma için deneysel verilere en yakın tahmin sonuçları Alibas modeli olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, en iyi tahmin modellerinin 100 W için Weibull dağılım ve 1000 W için geliştirilmiş Henderson ve Pabis modelleri olduğu tespit edilmiştir. Taze ürünün renk özelliklerine en yakın sonuçları gösteren kurutma yöntemleri 700 ve 500 W' da mikrodalga kurutma yöntemleri olduğu sonucuna varılmıştır. 100 W' da kurutma, renkte büyük değişime neden olduğu saptanmıştır. En iyi protein korunumu, 500 ve 700 W'da kurutulanlarda olduğu gözlemlenmiştir. K, Mg, Na ve Fe içeriğinin en iyi korunduğu kurutma 500 W; P, Ca, Cu, Mn ve Zn içeriğinin en iyi korunduğu yöntemin ise 700 W' da kurutma olduğu rapor edilmiştir. Bulgular, hem kurutma süresi, ortalama kurutma hızı, spesifik enerji tüketimi, toplam enerji tüketiminden oluşan kurutma parametreleri hem de renk ve besin maddeleri gibi kalite parametreleri açısından en iyi kurutma yöntemlerinin 700 W ve 500 W' da kurutma olduğunu göstermiştir (Günaydın, 2020).

Klimek vd. (2020), *Rosa canina* L. meyvelerini konvektif, mikrodalga ve dondurarak kurutma yöntemleriyle kurutmuşlar ve kurutmanın askorbik asit (AA), toplam fenolik madde (TPC), toplam flavonoid ve antioksidan aktivite üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre kuru meyvelerdeki AA içeriğinin taze olanlardan daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Dondurarak kurutma yöntemiyle kurutmanın en yüksek AA içeriği (242 mg/100 g) verdiğini saptamışlardır. Mikrodalga gücünün 100 W'tan 200 W'a yükseltilmesinin, kurutma sırasında nem ve flavonoidlerin hızlı bir şekilde kaybolmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Dondurarak kurutma sıcaklığının 60 °C' den 70 °C' ye yükseltilmesi, AA içeriğinde ciddi bir düşüşe neden olduğunu rapor etmişlerdir. Konveksiyonlu kurutma sırasında sıcaklığın 60'tan 70°C'ye yükselmesi, polifenol içeriğinde önemli bir artışa neden olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar kurutma yönteminden bağımsız olarak, flavonoidlerin kurutma sırasında daha stabil olduğunu, ayrıca antioksidan aktivitenin kurutma yöntemine ve polifenol içeriğine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Pashazadeh vd. (2020), kara kuşburnu meyvesinin kurutma ve rehidrasyon kinetiğinin modellenmesi ve çaya işleme koşullarının optimizasyonunu çalışmışlardır. Bu amaçla *R. pimpinellifolia* meyvelerinin kuruma ve rehidrasyon davranışlarını tahmin etmek için ampirik modeller uygulamışlardır. Meyvelerin kuruma davranışı analizi doğrultusunda daha yüksek sıcaklıklarda (70–90°C-1.75 m/s) daha hızlı

kuruduklarını; bununla birlikte antioksidan özelliklerin en fazla 70°C'de korunduğunu belirlemişlerdir. Midilli modelinin, meyvelerin kuruma kinetiğini en iyi tanımlayan model olduğunu tespit etmişlerdir. Rehidrasyon kapasitesinin, 60 °C'de 20 ve 40 °C'ye kıyasla daha etkili olduğunu ve Peleg, Vega-Gálvez ve Weibull modellerinin bu meyvelerin rehidrasyon davranışını daha iyi tanımladığını saptamışlardır.

Yapılan bir çalışmada, antioksidanlar açısından zengin olan kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve deniz topalak (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson) meyvelerinin kurutma koşullarının meyvelerden elde edilen ekstraktların kimyasal bileşimleri ve biyoaktiviteleri üzerindeki etkilerini araştırmak, hava sıcaklığı ve kurutma süresi açısından en iyi koşulları seçmek amaçlanmıştır. Elde edilen ekstraktlar, antioksidan kapasite ve enzim inhibe edici aktivite açısından değerlendirilmiş, ana biyoaktif bileşikler tanımlanmış ve miktarları belirlenmiştir. Bu çalışmada sunulan verilerin, bu sürecin endüstriyel ölçekte uygulanmasında ileriye doğru atılmış bir adımı temsil etmekte olduğu ifade edilmiştir (Moldovan et al., 2021).

Yapılan bir araştırmada konvektif kurutma prosesi kaliteyi, antioksidan aktiviteyi ve fenolik bileşiklerinin korunumunu geliştirmek için optimize edilmiştir. Kurutma koşullarının kara kuşburnu meyvesinin kurutma ve rehidrasyon üzerine etkisi incelenmiş ve matematiksel modellemesi yapılmıştır. Optimum kurutma koşullarını (sıcaklık ve hava hızı) tespit etmek için yanıt yüzey metodolojisi kullanılmıştır. Maksimum toplam fenolik bileşikler, toplam antosiyanin, DPPH radikal süpürme ve demir indirgeyici antioksidan gücün (FRAP) sırayla 1327 mg GAE/100 g, 491 mg c3g E/100 g, 110 mmol TE/g ve 698.00 mmol ISE/g olduğu, optimum kurutma koşullarının 67.21°C ve 1.75 m/s'de sağlandığı tespit edilmiştir. Page modelinin, kuruma kinetiğini tahmin etmek için en uygun, Vegas-gálves ve Peleg modellerinin ise rehidrasyon kinetiğini tanımlamada en etkili modeller olduğu rapor edilmiştir. Rehidrasyonun, 60°C'de 20 ve 40°C'ye kıyasla daha verimli olduğu, konvektif kurutmanın, esnekliği azaltırken sertliği, yapışkanlığı ve çiğnenebilirliği arttırdığı belirtilmiştir. Kateşin, epikateşin, kersetin-3-glukozit, protokateşik asit, klorojenik asit, kersetin, rutin, fumarik asit ve gallik asidin tanımlanan başlıca fenolik bileşikler olduğu bildirilmiştir (Pashazadeh et al., 2021a).

Pashazadeh vd. (2021e), kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesindeki yüksek nutrasötik bileşikler koruyacak fonksiyonel bir çay formüle etmek amacıyla kurutma koşullarını optimize etmişlerdir. Optimum koşulları 68°C ve 1 ms⁻¹ olarak

belirlemişler ve bu koşullarda kurutulan meyvelerin toplam fenolik madde içeriğini 40751.17 mg GAE/kg, toplam flavanoid içeriğini 14.17 mg EGC/100g, DPPH radikal süpürme aktivitesi değerini 278.87 mmol TE/g, FRAP değerini 44.62 mmol ISE/g, askorbik asit içeriğini 3051.36 mg/kg ve likopen içeriğini 13.28 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Midilli modelinin kuşburnu meyvesinin kuruma davranışını iyi tanımladığını; Peleg, Weibull ve Vega-galves modellerinin rehidrasyon kinetiğini iyi tahmin ettiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, kaynatma süresinin ve katı-sıvı oranının etkilerini değerlendirmek için iki faktörlü ve merkezi bir kompozit tasarım uygulamışlardır. Optimal koşullarda, kuşburnu çayının toplam fenolik madde, toplam flavanoid, DPPH radikal giderme etkisi, FRAP ve askorbik asit içeriğini sırasıyla 98141.28 mg GAE/kg, 2720.66 mg EGC/100 g, 8616.57 mmol TE/g, 728.24 mmol ISE/g ve 3358 mg/kg olarak saptamışlardır.

Zannou vd. (2021), güzyemiş meyvelerinin fonksiyonel ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla kurutma sıcaklığının optimizasyonu için yaptıkları çalışmada, maksimum deneysel verilere sahip olmak için optimum kurutma koşullarını 81 °C ve 1 m/s olarak saptamışlar ve bu koşullarda toplam fenolik madde, likopen, FRAP ve ΔE değerlerini sırasıyla 63.79 mg GAE/g, 0.86 mg/g, 11.38 mmol ISE/g ve 7.06 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada kateşin, fumarik asit, gallik asit, hesperidin ve kuersetin gibi 6 ana fenolik bileşik tanımlamışlardır. Kurutma işleminin, bireysel fenolik bileşikler üzerinde genel olarak olumlu etkiler gösterdiğini belirlemişlerdir. Mikroyapı analizi sonucunda, kurutulmuş güzyemiş meyvelerinin çökmüş, deforme olmuş ve büzüşmüş hücreler sunduğunu gözlemlemişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, sıcak havayla kurutma (HAD), dondurarak kurutma (FD), vakumla kurutma (VD) ve ultrason destekli vakumla kurutma (USVD) gibi farklı kurutma yöntemlerinin kurutma kinetiği ve toplam biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kuşburnunun likopen ve β -karoten, fenolik bileşikleri ve renk kalitesi incelenmiştir. USVD, VD ve HAD için kuşburnu kurutma süreleri sırasıyla 180, 300 ve 1140 dakika olarak belirlenmiş, USVD'nin kuşburnu kuruma süresini önemli ölçüde azalttığı ifade edilmiştir. Toplam biyoaktif bileşiklerin, likopen ve β -karoten, fenolik kompozisyonun sonuçlarına göre FD yönteminin en yüksek biyoaktif bileşikleri sağladığı ve bunu VD, USVD ve HAD yöntemlerinin izlediği saptanmıştır. DPPH ve CUPRAC sonuçlarına göre, FD ile kurutulmuş örneklerin taze ve tüm kurutulmuş örneklerle göre en yüksek antioksidan aktiviteyi, HAD ile kurutulmuş

örneklerin ise en düşük antioksidan aktiviteyi gösterdiği rapor edilmiştir. USVD ve FD yöntemleriyle kurutulan örneklerin, HAD ve VD yöntemleriyle kurutulan örneklerden daha düşük ΔE değeri sergileyerek, taze meyveye benzer renk özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir. USVD yönteminin, VD ve HAD yönteminden daha düşük kuruma süresi ve renk değişimi ile sonuçlandığı; USVD yönteminin, VD yönteminden daha düşük biyoaktif bileşik kaybına yol açtığı saptanmıştır. Bu çalışma sonuçları doğrultusunda USVD yönteminin HAD yönteminden daha düşük kuruma süresi ve daha yüksek biyoaktif bileşik sağlama özelliği nedeniyle HAD yöntemine alternatif olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir. Kuşburnu örneklerinin kuruma davranışını tanımlamak için Logaritmik, Midilli ve Küçük modeller en iyi kurutma modelleri olarak belirlenmiştir (Goztepe et al., 2022).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Meyvelerin Hasatı Ve Laboratuvara Sevki

Çalışmada kullanılan kara kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyvesi Erzurum'un Karayazı ilçesinden temin edilmiştir. Analiz ve kurutma işleminde kullanılmadan önce sap, çöp ve bozuk olan tanelerinden arındırılmıştır.



Şekil 3.1. Kurutma öncesi kuşburnu meyvesinin görünümü

3.1.2. Meyvelerin Kurutulması

3.1.2.1. Meyvelerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutucu ve Özellikleri

Kurutma işleminin yapıldığı laboratuvar ölçekli tepsili kabin kurutucu Şekil 3.2'de verilmiştir. Tepsili kurutucu EKSİS firması tarafından laboratuvar ölçekli olarak özel imal edilmiştir (Tablo 3.1). Sıcaklık, ağırlık, hava nemi, süre vb. diğer ayarlar makine üzerinde bulunan dokunmatik ekrandan ayarlanmış ve kontrol edilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan tepsili kabin kurutucu

3.1.2.2. Kara Kuşburnu Meyvelerinin Kurutulması

Tablo 3.1. Kurutmada kullanılan kurutucunun teknik özellikleri

Özellikler	Değerler
Malzeme	Paslanmaz çelik iç ve dış kabin
Dış genişlik	130 cm
Dış derinlik	150 cm
Dış yükseklik	150 cm
Sıcaklık aralığı	40 °C – 85 °C
Hava hızı aralığı	0.5 – 2.0 m/s
Güç	Elektrikli ısıtma sistemi 5 W
Programlama	Dokunmatik ekran yardımıyla sıcaklık hava hızı, bağıl nem ve süre ayarı
	Anlık izleme ve değiştirme özelliği, otomatik tartım özelliği
Tepsi özellikleri	45 x 45 teflon kaplamalı alüminyum delikli 10 adet tepsi

Tüm meyveler kurutucunun tepsilerine üst üste gelmeyecek ve homojen dağılacak şekilde yerleştirilmiştir. Meyveler 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda ve her sıcaklık için 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s hava hızlarında sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur (Şekil 3.3). Meyvelerdeki ağırlık değişimi kurutucuda mevcut olan otomatik tartım sistemi ile her 15 dakikada bir ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Tüm kurutma işlemleri üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Şekil 3.3. Kurutulmuş kara kuşburnu meyvesinin görünüşü

3.2. Yöntemler

3.2.1. Meyve Ağırlığının Belirlenmesi

Bu amaçla rastgele seçilen 100 adet taze meyve 0.01 g hassasiyette bir elektronik terazi ile tartılmıştır.

3.2.2. Meyve Eti/Çekirdek Oranının Belirlenmesi

Rastgele seçilen 100 adet taze meyve bütün olarak ve çekirdek kısımları ayrıldıktan sonra tartılıp meyve ağırlığı-çekirdek ağırlığı/çekirdek ağırlığı formülü kullanılarak et/çekirdek oranı hesaplanmıştır.

3.2.3. En-Boy Uzunluğunun Belirlenmesi

Rastgele seçilen 100 adet taze meyvenin 0.01 mm hassasiyette bir dijital kumpasla eni ve boyu ölçülmüştür.

3.2.4. Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Renk ölçümü, Konica Minolta CR-400 renk ölçüm ve DP-400 veri işleme cihazı (Japonya) ile CIE (Commission International L'Eclairage, İngilizce: International Commission of Illumination, ICI) renk skalası (L , a , b) metoduyla yapılmıştır. CIE (L , a , b) renk ölçüm sisteminde L değeri parlaklığı (beyazlık-siyahlık) ifade etmektedir ve bu değer 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasındadır; a değeri yeşillik-kırmızılık ifade etmekte ve bu değer -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) arasındadır ve b değeri mavilik-sarılık ifade etmekte olup -60 (mavi) ile +60 (sarı) değerleri arasındadır (Özdemir, 2001).

3.2.5. Kuru Madde Tayini

Darası alınan nikel kaplara taze örnekler belirli bir miktarda tartılmış, vakumlu etüvde (Nüve EV-018, Türkiye) 70 °C ve 100 mmHg basınçta sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur (AOAC, 2000).

3.2.6. Suda Çözünür Katı Madde Miktarının Belirlenmesi

Pulp haline getirilen meyveler filtre kağıdından süzildükten sonra Abbe refraktometresinin (Atago, Japonya) prizmasına damlatılarak suda çözünür kuru madde içeriği belirlenmiştir (Cemeroğlu, 1992).

3.2.7. pH Analizi

1:10 oranında seyreltilen meyvelerde pH metre yardımıyla okuma yapılmıştır (AOAC, 2000).

3.2.8. Su Aktivitesinin Belirlenmesi

AquaLab marka (Model:Dew Point Moisture Analyzer 4TE, ABD) su aktivitesi ölçüm cihazı ile belirlenmiştir (Betoret et al., 2003).

3.2.9. Doğal Antioksidanlar ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Toplam fenolik madde, toplam antosiyanin ve antioksidan aktivite analizleri için taze meyve ve kuru meyvelerden 10 g numune alınıp, 40 ml %80 metanol ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 12 saat bekletildikten sonra teflon filtreden geçirilerek analizlerde kullanılmıştır.

3.2.9.1. Askorbik Asit Tayini

Askorbik asit miktarı, askorbik asitin 2,6 diklorofenol indofenol çözeltisiyle reaksiyonundan elde edilen rengin spektrofotometrik olarak ölçümüyle saptanmıştır (Regnell, 1976). Okzalik asit ile ekstrakte edilmiş kuşburnu örnekleri filtre edilmiştir. Hazırlanan filtrattan 1 ml alınarak üzerine 9 ml 2,6 dikloro fenol indofenol çözeltisi ilave edilmiş ve spektrofotometrede (Thermospectronic-Helios Gamma, England) 520 nm'de (en yüksek absorbanı verdiği dalga boyu) 1 ml filtrat + 9 ml damıtık su ile hazırlanan tanığa karşı absorbanı okunmuştur. Okunan absorbanı değeri, 1 ml okzalik asit + 9 ml damıtık suya karşı okunan absorbanı değerinden çıkartılıp askorbik asit çözeltisiyle hazırlanan standart eğriden askorbik asit miktarı hesaplanmıştır.

3.2.9.2. Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde içeriği, alkali ortamda Folin-Ciocalteu çözeltisi ile reaksiyon sonucunda oluşan rengin spektrofotometrik olarak ölçülmesi ile belirlenmiştir (Singleton and Rossi, 1965). Metil alkolle ekstrakte edilmiş ve uygun oranda seyreltilmiş örneğin üzerine Folin-Ciocalteu ayraç eklenerek karanlık ortamda 5 dakika bekletilmiş, daha sonra oluşan karışıma doygun Na_2CO_3 çözeltisi eklenip iyice karışması sağlanarak karanlık bir ortamda 2 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda 760 nm dalga boyunda tanık ile karşılaştırmalı şekilde okunmuştur. Kimyasal saf gallik asit ile çizilmiş standart kalibrasyon eğrisi yardımıyla toplam fenolik madde miktarı mg/kg olarak hesaplanmıştır.

3.2.9.3. Toplam Antosiyanin Miktarının Belirlenmesi

Toplam antosiyanin miktarı pH diferansiyel yöntem kullanılarak belirlenmiş ve siyanidin-3-glukozit cinsinden hesaplanmıştır (Wrolstad, 1976). Örnekler parçalanıp saf su ile seyreltildikten sonra pH 4.5 ve pH 1.0 tampon çözeltileriyle karıştırılıp filtre edilmiş ve spektrofotometrede 520 nm ve 700 nm’deki absorbans değerleri okunarak denklem yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Antosiyanin} = \frac{A_t \times M_A \times SF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

Denklemde;

A_t = Absorbans farkı ($A=(A_{520}-A_{700})_{\text{pH 1}} - (A_{520}-A_{700})_{\text{pH 4.5}}$)

l = Optik yol (cm)

SF = Seyreltme faktörü

M_A = Siyanidin-3-glukozitin molekül ağırlığı (445.2)

ϵ = Siyanidin-3-glukozitin molar absorbansı (29 600)

3.2.9.4. Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) Analizi

Metil alkolle ekstrakte edilen örnekler uygun oranda seyreltilerek 10:1:1 (v:v:v) oranında 300 mM asetat tamponu: 20 mM FeCl₃: 10 mM TPTZ çözeltisi (40 mM HCl’de çözündürülmüş) karışımı ile karıştırılıp spektrofotometrede (ThermoSpectronic, İngiltere) 593 nm’de absorbansı belirlenmiştir. FeSO₄ ile hazırlanan çözeltiler kullanılarak çizilen kalibrasyon eğrisi yardımıyla antioksidan güç hesaplanmıştır (Gao et al., 2000).

3.2.9.5. DPPH Serbest Radikalini Giderme Aktivitesinin Belirlenmesi

Örneklerin DPPH radikalini indirgeme aktivitesini belirlemede Thaipong vd. (2006) ve Nakajime vd. (2004)’nin yöntemleri modifiye edilerek kullanılmıştır. Metil alkolle ekstrakte edilen örnekler 15000 rpm’de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra hazırlanan ekstraktan 50 µL alınıp 1 mL 100 µM DPPH çözeltisi ile karıştırılmış, 120 dakika sonra 517 nm dalga boyunda okuma yapılarak absorbansları belirlenmiştir. Aşağıdaki formül yardımıyla DPPH’ın % inhibisyonu hesaplanmıştır.

$$\text{İnhibisyon}(\%) = \left(\frac{\text{Kontrol örneğinin absorbansı} - \text{Örneğin absorbansı}}{\text{Kontrol örneğinin absorbansı}} \right) \times 100$$

% inhibisyon sonuçları Troloks standardı kullanılarak çizilmiş kalibrasyon eğrisinde yerine konulmuş ve DPPH serbest radikal giderme aktivitesi hesaplanmıştır.

3.2.9.6. ABTS Radikalini Giderme Etkisi

ABTS radikalini giderme etkisi, Re vd. (1999) ve Kong ve Ismail (2011) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. ABTS stok solüsyonu (7.4 mM) ve potasyum persülfat solüsyonunun (2.6 mM) 1:1 karışımı 24 saat ışık olmayan bir yerde bekletilip sonra 734 nm'de optik yoğunluğu 0.700 ± 0.02 olacak şekilde metanol ile seyreltilmiştir. ABTS çözeltisinin 1.2 ml'si 0.1 ml ekstrakt ile karıştırılıp 1 saat beklektikten sonra 734 nm'de absorbans okunmuş ve sonuçlar mmol troloks eşdeğeri cinsinden verilmiştir.

3.2.9.7. Bireysel Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi

Bireysel Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesinde Kullanılan Cihaz ve Özellikleri

Metil alkolle ekstrakte edilen taze ve farklı koşullarda kurutulmuş örnekler ile saf fenolik madde standartlarının farklı konsantrasyondaki çözeltileri LC-MS/MS'e (Tablo 3.2) verilip alanları belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlara karşılık gelen alanlar kullanılarak her bir fenolik bileşik için standart eğri çizilerek regresyon eşitliği saptanmıştır. Bu çalışmada toplam 12 fenolik bileşik (kateşin, klorojenik, epikateşin, fumarik asit, gallik asit, gentistik asit, narijenin, p-kumarik asit, protokateşuik asit, kersetin, kersetin-3-glukozit, rutin, tannik asit) tanımlanabilmiştir (Şekil 3.4).

Fenolik Bileşik Analizinde Kullanılan Metodlar ve Analiz Koşulları

MS Parametreleri: MS'ye ait analiz koşulları şu şekildedir;

İyonlaştırma Türü: ESI,

Nebulizasyon Gaz Akışı: 3 L/dk,

DL sıcaklık: 250 °C,

Isı bloğu sıcaklığı: 400 °C,

Kurutma Gaz Akışı: 15 L/dk.

LC Parametreleri: LC'ye ait koşullar şu şekildedir;

Kolon: Inertsil ODS-4 (3 µm, 4.6 x 50 mm) (GL Sciences Kat No: 5020-04042),

Akış hızı: 0.4 ml/dk,

Kolon Fırını Sıcaklığı: 30 °C,

Enjeksiyon Hacmi: 15 µL,

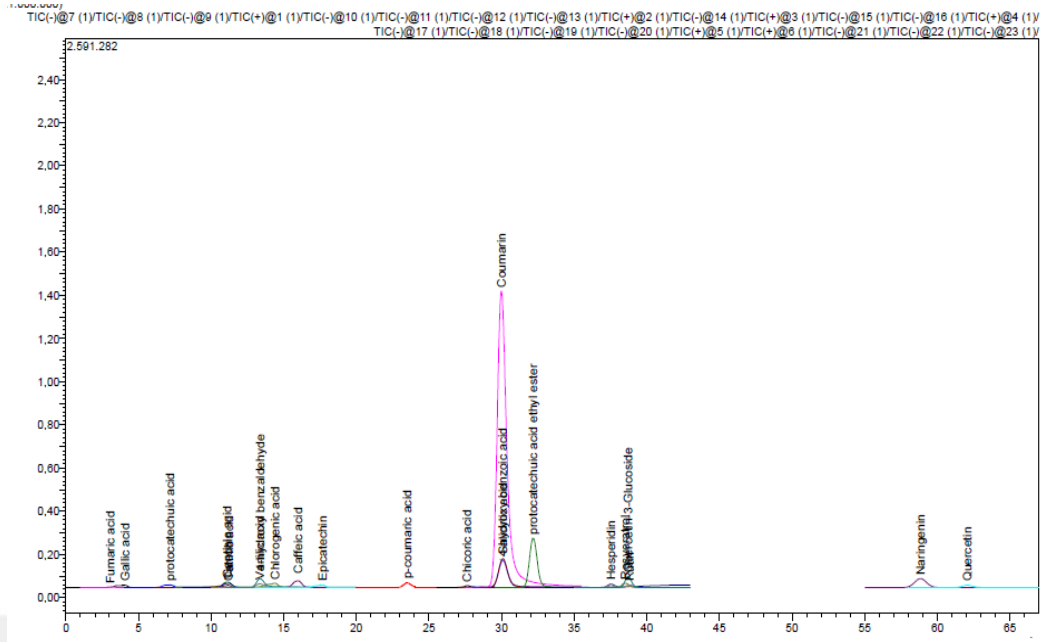
Mobil faz A: %0.1 formik Asit /sudamobil faz B: %0.1 formik asit /metanolde mobil faz C: %50 metanol.

Tablo 3.2. LC-MS/MS cihaz bilgileri ve modeli

CİHAZ ADI /MARKA:	LC-MS/MS / SHIMADZU
CİHAZ MODEL:	LCMS 8040
Pompa (Pump):	LC-30 AD (İki adet)
Kolon Fırını (Column Oven) :	CTO-10AS VP
Autosampler:	SIL-30AC
Degassing Unit:	DGU-20A 3R

Tablo 3.3. LC-MS/MS için akış programı

Süre, dk	% B
0	14
34	37
36	37
51	38
53	38
67	44
69	44
69-90	14
95	14



Şekil 3.4. Fenolik bileşik standart karışımının kromatogramı

3.2.9.8. Bireysel Antosiyaninlerin Belirlenmesi

Bireysel antosiyaninlerin belirlenmesinde; öncelikle taze ve kurtulmuş örneklerden belli miktar alınmış, HPLC saflığında %80 metil alkol (%0.1 HCL içeren) ile ekstrakte edilmiş ve 0.45 µ filtreden geçirilip HPLC'ye verilmiştir. Saf antosiyaninlerin farklı konsantrasyondaki çözeltileri de HPLC'ye verilip alanları belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlara karşılık gelen alanlar kullanılarak herbir pigment için standart eğri çizilerek regrasyon eşitliği saptanmıştır. Çalışmada toplam 4 antosiyanin pigmenti (Siyanin klorit, Siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit, pelargonidin-3 glukozit) tanımlanabilmiştir. Zannou et al., (2022).

HPLC Koşulları

Kolon: Inertsil ODS-4 (3 µm, 4.6 x 50 mm) (GL Sciences Kat No: 5020-04042)

Akış hızı: 1 ml/dak

Kolon Fırını Sıcaklığı: 30 °C

Enjeksiyon Hacmi: 20 µL

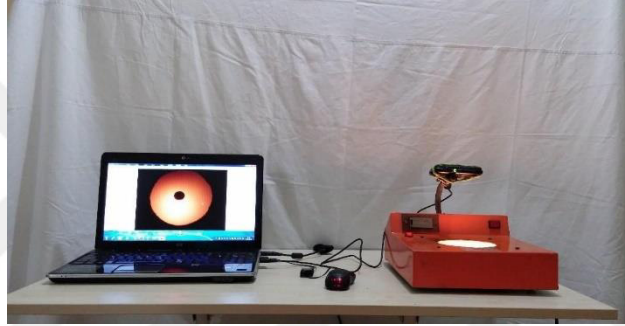
Mobil faz A: 2Mm sodyum asetat %94 /asetik asit %6

Mobil faz B: %100 asetonitril

Solvent B'ye göre aşağıdaki elüsyon gradyanı kullanıldı: 0–20 dak, %14–23; 20–40 dakika, %23–35; 40-50 dakika, %40; 50-60 dakika, %60; 60-65 dk %95.

3.2.10. Büzüşme Analizi (Projeksiyon Alan Ölçümü)

Projeksiyon alan ölçümünde mikroorganizma sayım standı kullanılmıştır (Şekil 3.5). Cam bölmenin altında referans olacak şekilde 1 mm²'lik karelere ayrılmış alan üzerine meyve konularak her örnekte sabit olmak koşuluyla 10 cm yukarıdan fotoğraf çekilmiştir. Çekilen fotoğraflardan AutoCAD paket programı yardımıyla alan ölçümü yapılmıştır (Çalışır ve Aydın, 2004). Bu işlem taze ve kurutulan örneklerde ayrı ayrı yapıp taze meyvenin alanı/kuru meyvenin alanı birbirine oranlanıp büzüşme oranı saptanmıştır.



Şekil 3.5. Büzüşme analizinde kullanılan düzenek (Gül, 2017)

3.2.11. Enstrümental Doku Analizi (Tekstür Analizi)

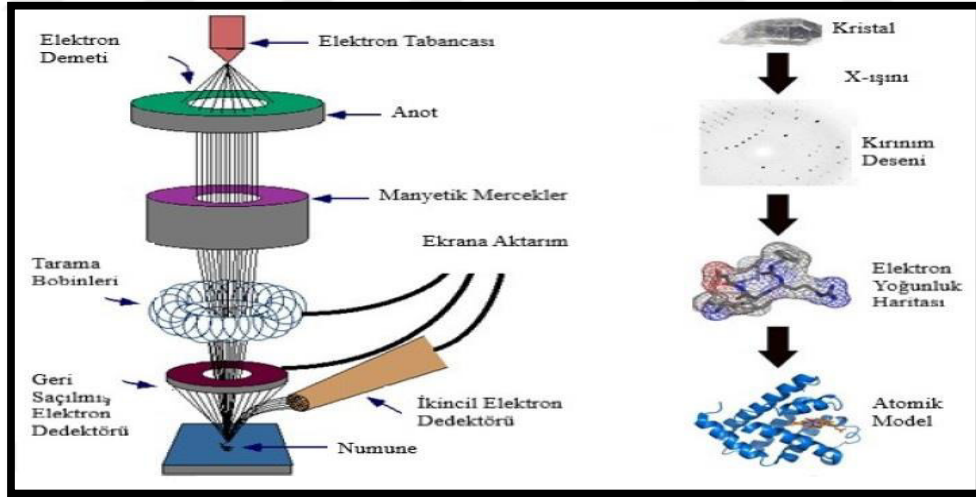
Taze ve kuru meyvenin dokusal özellikleri, Zielinska vd. (2015)' in yöntemi modifiye edilerek bir doku analizörü (TA-TX plus, Stable Micro System, UK) kullanılarak oda sıcaklığında belirlenmiştir. Doku profili, sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, çiğneme ve esneklik değerlerini içermiş ve iki sıkıştırma-dekompresyon döngüsünün kuvvet-yer değiştirme grafiğinden ölçülmüştür. Doku analiz cihazı, bir sıkıştırma-basınç test döngüsünde kullanılmadan önce meyve 75 mm çaplı bir düz alüminyum prob (SMS P/75) üzerine yerleştirilmiştir. Kullanılan parametreler: iki kompresyon arasındaki geçen zaman 1 s zaman gecikmesi, numune yüksekliğinin %10'u olacak şekilde gerinim, ön test hızı ($.33 \text{ mm s}^{-1}$), test hızı ($.33 \text{ mm s}^{-1}$) son test hızı ($.33 \text{ mm s}^{-1}$). Doku analizörü yazılım makrosu, doku niteliklerini otomatik olarak hesaplamıştır. Sonuçların ortalaması 5 ölçüm üzerinden alınmıştır (Pashazadeh et al., 2021a).

3.2.12. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi (SEM)

Morfolojik özelliklerin incelenmesi yani mikroyapı analizi, bir taramalı elektron mikroskobu (SEM, JEOL JSM-7001 F) ile yapılmıştır (Şekil 3.7). Yaş ve kuru örneklerden küçük bir numune alınmış ve görüntüler 10 kV ve 15 kV hızlanma voltajında kaydedilmiştir. Cihaza ait bilgiler Şekil 3.6’ da verilmiştir.



Şekil 3.6. Taramalı elektron mikroskobunun (SEM) görüntüsü ve çalışma koşulları



Şekil 3.7. Taramalı elektron mikroskobu çalışma prensibi (Yılmaz, 2019)

3.2.13. Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi ve Modellenmesi

Kuru meyvenin rehidrasyon testi, üç farklı sıcaklıkta (20, 40 ve 60°C) gerçekleştirilmiştir. Rastgele seçilen 5 g kurutulmuş numune, 500 mL distile su ile karıştırılmış ve farklı sıcaklıklarda bekletilmiştir. Meyve bir saat aralıklarla sudan çıkarılmış, hafifçe kurulanmış ve sonra tartılmıştır. Rehidrasyon deneyi 12 saat

boyunca gerçekleştirilmiş ve tüm ölçümler üç tekrar halinde yapılmıştır. Hidrasyon işlemi sırasındaki nem içeriği, aşağıda gösterilen denklem kullanılarak kuru bazda hesaplanmıştır (Ghellam and Koca, 2020; Pramiu et al., 2015).

$$M_c = \frac{W_{st} - W_{dm}}{W_{dm}}$$

Denklemden;

M_c = herhangi bir zamandaki nem içeriğini,

W_{st} = herhangi bir zamandaki numune ağırlığını,

W_{dm} = meyvenin kuru madde içeriğini ifade etmektedir.

Kurutulmuş meyvenin rehidrasyon oranı (R_r) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Benseddik et al., 2019);

$$R_r = \frac{M_t - M_0}{M_e - M_0}$$

M_t = Herhangi bir andaki nem içeriği (g su/ g kurumadde)

M_0 = Rehidrasyon işleminden önceki nem içeriği (g su/ g kurumadde).

M_e = Denge anındaki nem içeriği (g su/ g kurumadde)

Kara kuşburnu meyvelerinin kurutulması sırasında elde edilen nem oranı değerlerinin kuruma süresi ile değişimini içeren deneysel veriler 4 farklı kurutma modeli ile modellenmiştir. Yapılan matematiksel modellemeler Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Kara kuşburnu meyvesinin rehidrasyon kinetiğini tanımlamada kullanılan modeller

Modeller	Denklemler	Referanslar
Peleg model	$R_r = \frac{1}{X_e - X_0} \times \frac{t}{(a + bt)}$	(Benseddik et al., 2019; Pashazadeh et al., 2021a)
First order kinetic	$R_r = 1 - \exp(-at)$	(Ghellam et al., 2020; Benseddik et al., 2019)
Weibull model	$R_r = 1 - \exp(-(\frac{t}{b})^a)$	(Benseddik et al., 2019; Pramiu et al., 2015)
Vega-gálves model	$R_r = \alpha \exp[\frac{-b}{(1+t)^k}]$	(Ghellam et al., 2020; Vega-Gálvez, et al., 2009)

Bu çalışmada, kurutulmuş kara kuşburnu meyvesinin rehidrasyon kinetiği verileri, MATLAB (R2016d) yazılımı kullanılarak ki-kare (χ^2), ortalama karekök hatası (RMSE) ve belirleme katsayısı (R^2) değerlerinin belirlenmesiyle istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Buna göre, kurutulmuş meyvenin rehidrasyon yeteneklerini yorumlamak için en yüksek R^2 , en düşük χ^2 ve RMSE'ye sahip modeller optimum modeller olarak seçilmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (R_{re,i} - R_{rp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (\bar{R}_{re,i} - R_{re,i})^2}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (R_{re,i} - R_{rp,i})^2}{N - n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{rp,i} - R_{re,i})^2}{N}}$$

Denklemlerde;

$R_{rp,i}$ = tahmini ayrılabilir nem oranı

$R_{re,i}$ = deneysel rehidrasyon oranları

$\bar{R}_{re,i}$ = deneysel rehidrasyon oranının ortalaması

N = deneysel veri sayısı

n = kullanılan modeldeki katsayı sayısı

3.2.14. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları

Tepsili kurutucu ile dört farklı sıcaklıkta (50, 60, 70 ve 80 °C) ve üç farklı hava hızında (0.5, 1.0 ve 1.5 m/s) kurutulan örneklerin kurutulmaları sırasında elde edilen nem oranı değerlerinin kuruma süresi ile değişimini içeren deneysel değerler 15 farklı kurutma modeli ile modellenmiştir. Yapılan matematiksel modellemeler Tablo 3.5'te verilmiştir.

$$MR = \frac{M_t}{M_0}$$

Denklemdaki M_0 başlangıç nem içeriği ve M_t zamanındaki başlangıç nem içeriğidir.

Kurutma verileri 15 deneysel kurutma modeline uygulanmıştır (Tablo 3.5). Modellerin MATLAB yazılımı (R2016d) kullanılarak kurutma verilerine uygunluğunu belirlemek için belirleme katsayısı (R^2), ki-kare (χ^2) ve ortalama hata karesi (RMSE) gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır.

Tablo 3.5. *R. pimpinellifolia*'nın kuruma kinetiğini tanımlamak için kullanılan modeller

Modeller	Denklemler	Referanslar
Newton	$MR = \exp(-kt)$	(Pashazadeh et al., 2021a)
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	(Keneni et al., 2019)
Geliştirilmiş Page II	$MR = \exp[-(kt)^n]$	(Yaldız ve Ertekin, 2001)
Henderson and Pabis	$MR = \alpha \exp(-kt^n)$	(Doymaz, 2008)
Geliştirilmiş Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	(Dorneles et al., 2019; Pashazadeh et al., 2021a)
Logarithmic	$MR = \alpha \exp(-kt^n) + c$	(Samani et al., 2018)
Two-term	$MR = \alpha \exp(-kt) + b \exp(-gt)$	(Nurafifah et al., 2018)
Two-term exponential	$MR = \alpha \exp(-kt) + (1-\alpha) \exp(-kt)$	(Chielle et al., 2016)
Wang and Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	(Nurafifah et al., 2018)
Approximation of Diffusion	$MR = \alpha \exp(-kt) + (1-\alpha) \exp(-kbt)$	(Dorneles et al., 2019)
Verma	$MR = \alpha \exp(-kt) + (1-\alpha) \exp(-gt)$	(Pashazadeh et al., 2020)
Modifiye Henderson and Pabis	$MR = \alpha \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	(Dorneles et al., 2019)
Logistic	$MR = \alpha / (1 + b \exp(kt))$	(Samani et al., 2018)
Midilli	$MR = \alpha \exp(-kt^n) + bt$	(Nurafifah et al., 2018; Pashazadeh et al., 2020)
Aghabashlo model	$MR = \exp[-kt/(1+gt)]$	(Kumar et al., 2017)

**MR: nem oranı, t: zaman ve α , b, c, g, h ve k modellerin sabitleri

En düşük χ^2 ve RMSE ile birlikte daha yüksek R^2 'ye sahip modellerin, dehidrasyon kinetiğini tahmin etmek için en iyi modeller olduğu belirlenmiştir. Bu parametreler aşağıdaki denklemler ile tanımlanmıştır (Doymaz, 2008; Pashazadeh et al., 2020).

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{p,i} - MR_{e,i})^2}{\sum_{i=1}^N (MR_{e,i} - \overline{MR_{e,i}})^2} \right)$$

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{e,i} - MR_{p,i})^2}{N - n}$$

$$RMSE = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{e,i} - MR_{p,i})^2 \right)^{1/2}$$

$MR_{e,i}$ =deneysel ortalama nem oranı

$MR_{p,i}$ = tahmin edilen nem oranı

$MR_{e,i}$ =deneysel nem oranı

N=deneysel veri sayısı

n=kullanılan modeldeki katsayıdır

3.3. İstatistiksel Analiz

Kara kuşburnu örneklerinin rehidrasyon ve kurutma kinetiğinin modelleme analizleri, MATLAB yazılımı (R2016d) ANOVA kullanılarak yapılmış, bağımsız değişkenlerin istatistiksel önemini ve aralarındaki korelasyonu değerlendirmek için kullanılmıştır. Çalışmanın istatistiksel analizleri SPSS 21 (SPSS Inc., Chicago, U.S.A) programında yapılmıştır. Kurutulan kara kuşburnu örneklerinin farklı hava hızı ve sıcaklıklarda elde edilen verilerine ve bunların interaksyonlarına varyans analizi uygulanmış, verilerin ortalamaları $p < 0.05$ önem seviyesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kara Kuşburnu Meyvesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kurutmada kullanılan taze kara kuşburnu meyvelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1. Kurutma işleminde kullanılan kara kuşburnu meyvesinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Ortalama
Kilogramdaki tane sayısı, adet	625±8.11
En, mm	17.15±1.41
Boy, mm	13.91±1.36
Meyve eti/çekirdek	3.22±0.36
Renk	
<i>L</i> *	30.14±1.85
<i>a</i> *	1.79±0.65
<i>b</i> *	2.10±0.16
Kuru madde, %	39.16±2.82
Çözünür katı madde, %	18.33±1.52
Su aktivite	0.9591±0.01
pH	4.35±0.02
C vitamini, mg/g	3.07±0.12
Toplam fenolik madde, mg/g	16.97±4.29
Toplam antosiyanin, mg/g	7.24±0.51
ABTS, mmol /g	340.10±5.37
DPPH, mmol/g	312.88±42.11
FRAP, mmol/g	62±4.11

Tablodan görüldüğü gibi; kara kuşburnu meyvesinin ortalama kilogramdaki tane sayısı 665 adet, tane ağırlığı 1.50 g olarak tespit edilmiştir. Kuşburnu ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında meyve ağırlığını; Ekincialp ve Kazankaya (2012) 1.52-3.92 g, Ugglar (1991) 3.90 g, Dogan ve Kazankaya (2006) 1.95 g, Ersoy (2019) 1.56-2.01 g, Murathan vd. (2016b) 1.73 g olarak belirlemişlerdir. Mevcut çalışma, bu kaynaklar ile karşılaştırıldığında; tane ağırlığı sonuçlarının uyumlu olduğu görülmektedir.

Analizi yapılan meyvelerde ortalama meyve eti/çekirdek oranı 3.22 ve kuru madde oranı %39.16 olarak belirlenmiştir. Benzer toplam kuru madde sonuçları, Rosaceae familyasının birçok türünde değişik araştırmacılar (Demir and Özcan, 2001; Ercişli, 2007; Murathan et al., 2016b; Ersoy, 2019; Odabaş, 2019) tarafından da rapor edilmiştir. Bununla birlikte, yapılan bir çalışmada incelenen kara kuşburnunun daha yüksek(%55.3) kuru madde miktarına sahip olduğu bulunmuştur (Murathan et al., 2016b). Aynı çeşit arasındaki bu farklılık, hasat mevsimi, yetiştirme dönemi gibi birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. Mevcut çalışmada incelenen taze meyvelerin

genişliği ve uzunluğu sırasıyla 17.15 ve 13.91 mm olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Pashazadeh vd. (2021b) ve akır ve Ergen (2021) tarafından da tespit edilmiştir.

Taze meyvelerin ortalama L^* (parlaklık) değeri 30.14, a^* (kırmızılık) değeri 1.79 ve b^* (sarılık) değeri 2.10 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Benzer bir çalışmada Pashazadeh et al. (2021a) taze *R. pimpinellifolia*'nın renk özelliklerini araştırmışlar ve parlaklık (L^* :30.35), kırmızılık (a^* :2.53) ve sarılık (b^* :2.20) değerlerini mevcut çalışmaya yakın tespit etmişlerdir.

Taze meyvenin pH değeri 4.35, su aktivitesi 0.9591 ve çözünür katı madde miktarı %18.33 olarak bulunmuştur. akır ve Ergen (2017), su aktivitesini 0.91 ve pH değerini 4.24; Dogan ve Kazankaya (2006) pH değerini 4.38 olarak belirlemişlerdir. Benzer bir çalışmada, Ardahan ilinden toplanan *R. pimpinellifolia*'da KM %20 ve pH 3 olarak rapor edilmiştir (Murathan et al., 2016b). Yapılan bazı çalışmalarda; *R. pimpinellifolia* meyvelerinin KM miktarları %12-28 arasında bulunmuştur (Dogan and Kazankaya, 2006; Ekincialp ve Kazankaya, 2012). Görüldüğü gibi bulunan değerler araştırıcıların bildirdikleri pH, su aktivitesi ve KM değerleri arasındadır.

Taze meyvelerin toplam fenolik madde, FRAP, ABTS ve DPPH radikal giderme değerleri sırasıyla 16.97 mg GAE/g, 62 μ mmol ISE/g, 340.10 μ mmol TE/g, 312.88 μ mmol TE/g olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Farklı bölgelerden toplanan *R. pimpinellifolia*'da benzer toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri saptanmıştır (Ersoy, 2019; Fattahi et al., 2012; Goztepe et al., 2022; Murathan et al., 2016b; Pashazadeh et al., 2020; Pashazadeh et al., 2021a; Pashazadeh et al., 2021b).

Kara kuşburnu meyvesinin C vitamin miktarı 3.07 mg/g bulunmuştur. C vitamin içeriğini Pashazadeh vd. (2021d) 2988 mg/l, Ekincialp ve Kazankaya (2012) 414.83-916.46 mg/100g arasında ve Öz vd. (2018) 90-305.92 mg/100 g arasında tespit etmişlerdir. Bu bulgular bizim sonuçlarımız ile uyum göstermektedir.

Kara kuşburnu meyvesinde toplam antosiyanin miktarı 7.24 mg c3g E/g olarak bulunmuştur (Tablo 4.1). Çeşitli araştırıcılar tarafından yapılan bazı çalışmalarda, toplam antosiyanin miktarı 3.45-965 mg c3g E/100g aralığında değişkenlik göstermektedir (Ersoy, 2019; Güven, 2016; Murathan et al., 2016b; Pashazadeh et al., 2020; Pashazadeh et al., 2021a; Pashazadeh et al., 2021b; Zor, 2019). Sonuçların bu

kadar büyük değişkenlik göstermesi meyve çeşidinden, yetiştirme şartlarından, ekolojik koşullardan, yılı vb. nedenlerden kaynaklanabilir.

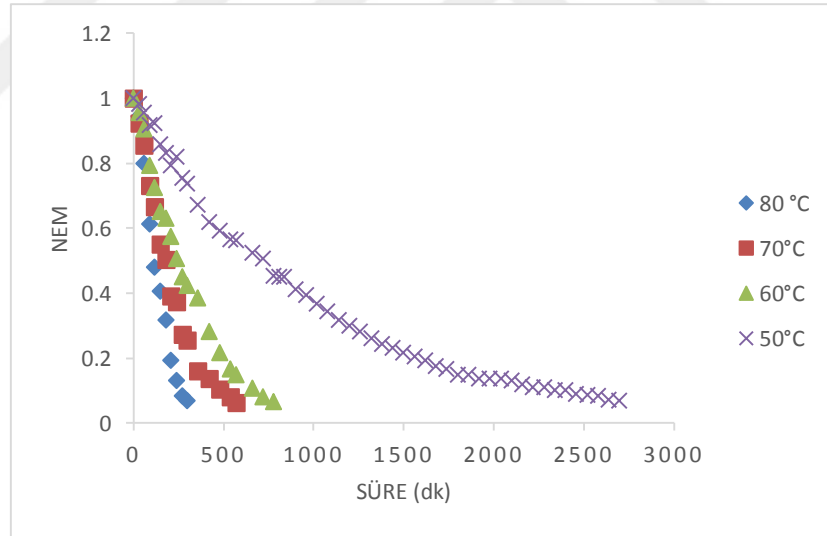
4.2. Kuru Madde Değerlerindeki Değişim

Ortalama %60.84 su içeren meyveler dört farklı kurutma sıcaklığında (50, 60, 70 ve 80 °C) ve üç farklı hava hızında (0.5 m/s, 1.0 m/s ve 1.5 m/s) kurutma işlemine tabi tutularak su içeriği %10'un altına düşürölmüştür.

4.2.1. Kurutma Sıcaklığının Kara Kuşburnu Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi

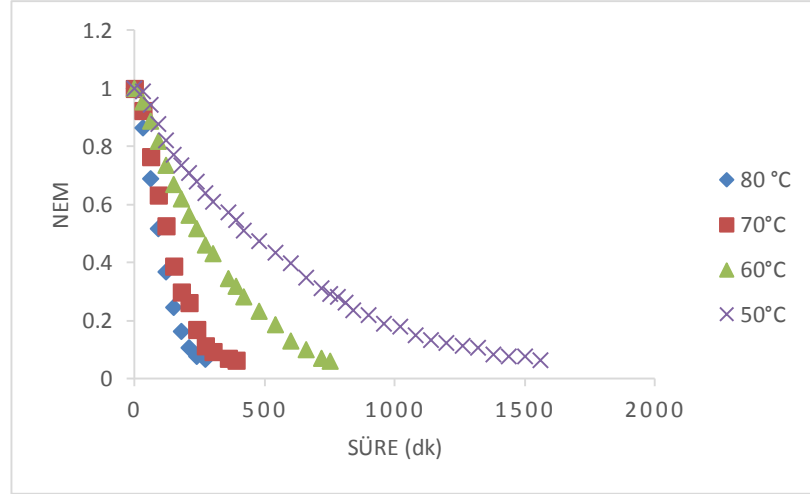
Çalışmada kullanılan kara kuşburnu örneklerinin ortalama nem içeriği başlangıçta $M_0 = 1.85$ g su/g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Ayrılabilir nem oranı, ürünün belli bir t anındaki nem içeriği (M_t) / ürünün başlangıçtaki nem içeriğine (M_0) göre hesaplanmıştır ($MR = M_t/M_0$).

Meyvelerin süreye bağlı olarak nem içeriğindeki değişimler Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te her hava hızı için ayrı ayrı verilmiştir.



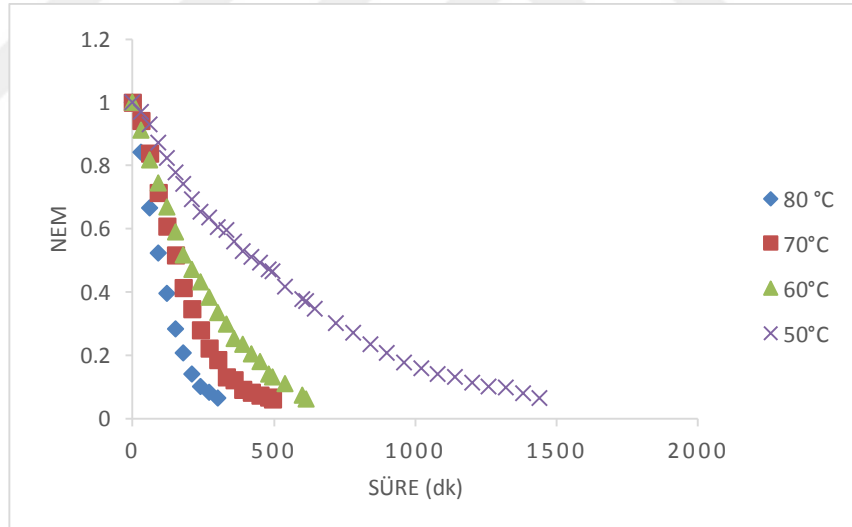
Şekil 4.1. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri

Şekil 4.1'den göröldüğü gibi, aynı hava hızına tabi tutulan örneklerde sıcaklık yükseldikçe kurutma işleminin süresinde düşüş gözlemlenmiştir. 0.5 m/s hava hızında 50 °C'de yapılan kurutma işleminde nem içeriğinin 1 g su/g kuru maddeden yaklaşık 0.06 g su/g kuru madde değerine düşüşü 2700 dakika, 60 °C'de 780 dakika, 70 °C'de 570 dakika ve 80 °C'de 300 dakika sürmüştür.



Şekil 4.2. 1.0 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi, 1.0 m/s hava hızında 50 °C’ de yapılan kurutma işleminde nem içeriğinin 1g su/g kuru maddeden yaklaşık 0.06 g su/g kuru madde değerine düşme süresi 1560 dakika, 60 °C’de 750 dakika, 70 °C’de 390 dakika ve 80 °C’de 270 dakika olarak belirlenmiştir.

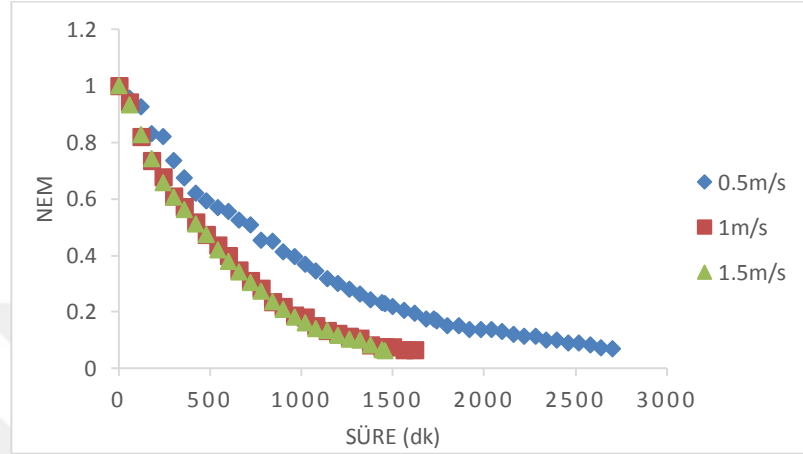


Şekil 4.3. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri

Şekil 4.3’te görüldüğü gibi, 1.5 m/s hava hızında yapılan kurutma işleminde nem içeriğinin 1g su/g kuru maddeden yaklaşık 0.06 g su/g kuru madde değerine düşme süresi 50 °C’de 1440 dakika, 60 °C’de 615 dakika, 70 °C’de 495 dakika ve 80 °C’de 300 dakika olarak saptanmıştır.

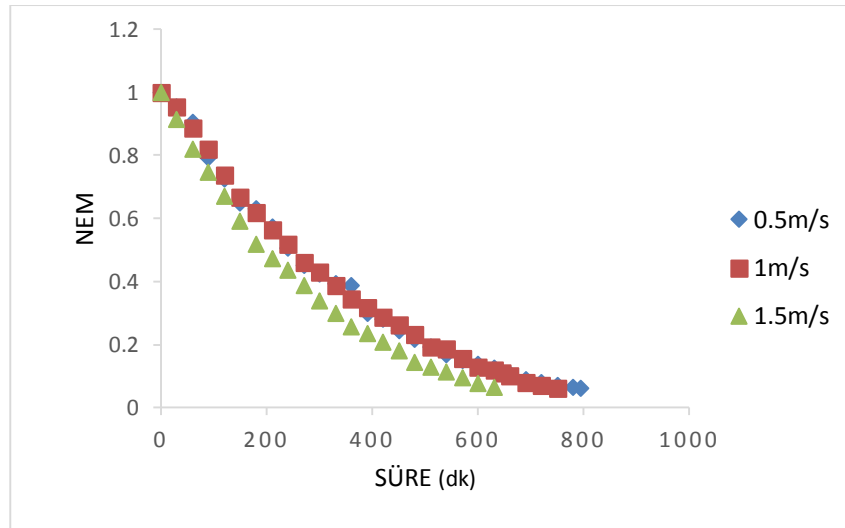
4.2.2. Kurutmada Kullanılan Hava Hızının Kara Kuşburnu Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi

Dört farklı kurutma sıcaklığında (50, 60, 70 ve 80 °C) ve üç farklı hava hızında (0.5 m/s, 1.0 m/s ve 1.5 m/s) kurutulan meyvelerin süreye bağlı olarak nem içeriğindeki değişiklikler her hava hızı için ayrı verilmiştir.



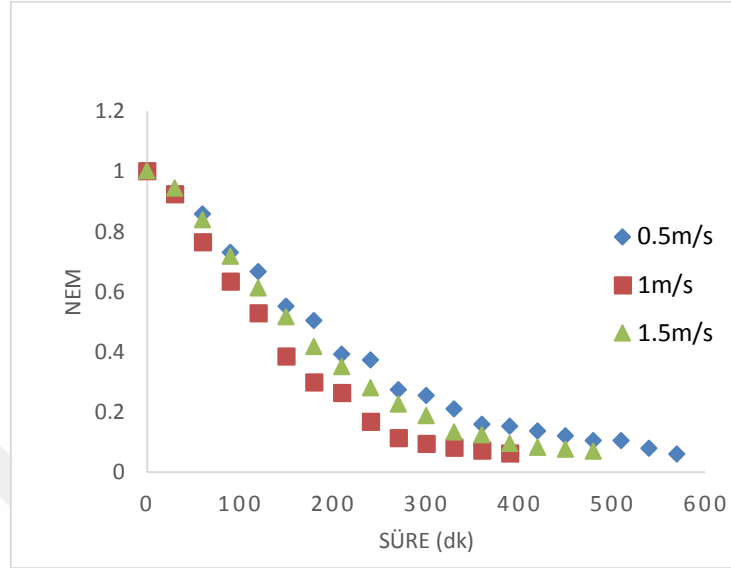
Şekil 4.4. 50 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi, 50 °C'de yapılan kurutma işleminde nem içeriğinin 1g su/g kuru maddeden yaklaşık 0.06 g su/ g kuru madde değerine düşmesi 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s hava hızlarında sırasıyla 2700, 1620 ve 1440 dakika sürmüştür.



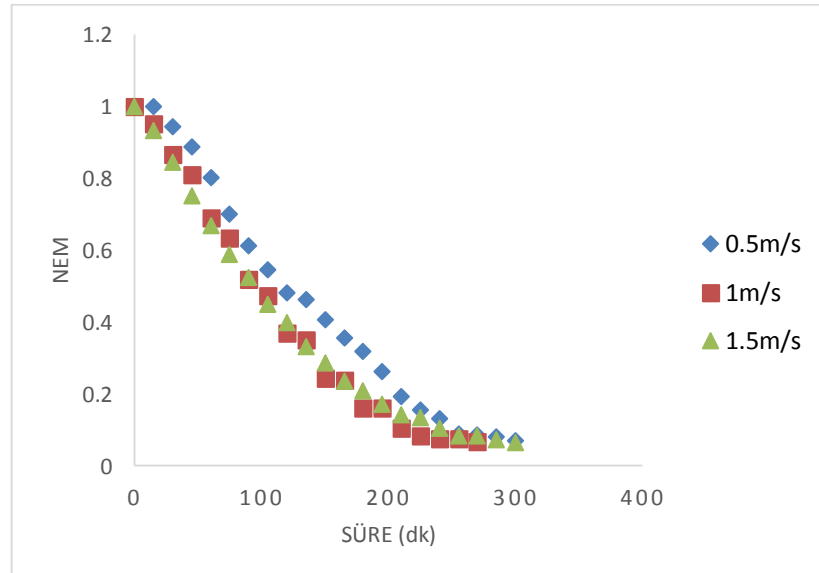
Şekil 4.5. 60 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi, 60 °C' de yapılan kurutma işleminde nem içeriğinin 1g su/g kuru maddeden yaklaşık 0.06 g su/g kuru madde değerine düşmesi 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s hava hızlarında sırasıyla 795, 750 ve 630 dakika sürmüştür.



Şekil 4.6. 70 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi, 70 °C'de yapılan kurutma işleminde nem içeriğinin 1g su/g kuru maddeden yaklaşık 0.06 g su/g kuru madde değerine düşmesi 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s hava hızlarında sırasıyla 570, 390 ve 480 dakika sürmüştür.



Şekil 4.7. 80 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin süreye bağlı nem içeriği değişimleri

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi, 80°C’ de yapılan kurutma işleminde nem içeriğinin 1g su/g kuru maddeden 0.06 g su/g kuru madde değerine düşmesi 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s hava hızlarında sırasıyla 300, 270 ve 300 dakika sürmüştür.

Şekillerden görüldüğü üzere, kara kuşburnu meyvesinin kurutma işleminde kullanılan farklı sıcaklıklar kuruma süresini önemli ölçüde etkilemiştir. Ancak kurutma hava hızlarının kuruma süresini önemli ölçüde etkilemediği deneme sonuçlarından açıkça görülmektedir. Sonuçlara göre, sıcaklığın artması kuruma süresinin azalmasına sebep olmuştur. Polatoğlu ve Vildan Beşe (2017), kurutma havası sıcaklık ve hızının kızılçık meyvesinin (*Cornus mas. L*) kurutma kinetiği ve C vitamini bozunması üzerindeki etkisini bir sıcak hava konvektif kurutucu kullanarak araştırmışlardır. Deneyleri 50, 60 ve 70°C hava sıcaklığında ve 0.4, 0.7 ve 1.0 m/s hava hızlarında gerçekleştirmişlerdir. Artan hava sıcaklığı ve hızı ile daha kısa kuruma süreleri elde etmişlerdir. Márquez vd. (2006), kuşburnu meyvelerinin (*Rosa eglanteria L.*) kurutma kinetiğini 50, 60, 70, 80 °C sıcaklıklarda ve hızlar: 1, 2, 3, 5 m/s; bağıl nem: %5, %50 olarak çalışmışlar ve sıcaklığın artması ile daha kısa sürede kurutma elde etmişlerdir. Ochoa vd. (2002b) da kuşburnu (*Rosa Rubiginosa L.*) meyvelerinin 50, 55, 60, 65 ve 75°C sıcaklık, 1, 2, 3, 5 m/s hava hızlarında, %5 ve %50 hava bağıl nemlerinde konvektif kurutulması sırasında sıcaklığın dehidrasyon süresi üzerindeki güçlü etkisini gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bir başka araştırmada, kuşburnunun ince tabaka halinde kurutulması üzerine hava sıcaklığı, hızı ve neminin etkisini incelenmiş ve 50-80°C aralığında hava sıcaklığı, 1.67-3.10 ms⁻¹ aralığında hava hızında çalışılmıştır. Sonuç olarak kurutma sıcaklığındaki artışların kuruma hızını arttırdığı, bunun da kuruma sürelerini azalttığı gözlemlenmiş ve sıcaklığın güçlü düzeyde etkili olduğu ifade edilmiştir. Buna karşılık, hava hızının etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olabildiği rapor edilmiştir. Diğer çalışma koşulları, hava hızı ve bağıl nem, kuruma süreleri üzerinde etkili değildir (Erenturk et al., 2004). Ohaco vd. (2005) *Rosa eglanteria*’nın (kuşburnu) meyvelerini hava kurutucuda 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda, 1, 2, 3 ve 5 m/s hava hızlarında ve %5 ve 50 hava neminde kurutmuşlar ve kurutma sıcaklığının kuruma süresi üzerinde önemli bir rolü olduğu bulmuşlardır. Hava hızının, kuruma süresini önemli ölçüde etkilemediğini rapor etmişlerdir.

Bicer ve Kar (2013), konvektif bir kurutucuda kuşburnunun kuruma davranışı ve koşullarının deneysel bir araştırması üzerine çalışmışlardır. Kurutma deneyleri; 50, 60 ve 70 °C hava giriş sıcaklıklarında ve 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızlarında

gerçekleştirilmiş ve sonuç olarak kuşburnu meyvesinin kurutulmasında en etkili parametrenin hava sıcaklığı olduğunu, sıcaklığın artmasıyla kuruma süresinin kısaldığını, hava hızının önemli bir etkisi olmadığını beyan etmişlerdir. Kuşburnu kurutmada difüzyon konveksiyondan çok daha etkili olduğu için hava hızının düşük derecelerde tutulması maliyet açısından önem kazanmaktadır. Benzer sonuçlar çeşitli araştırmacılar tarafından kuşburnu için rapor edilmiştir (Pirone et al., 2007; Koyuncu et al., 2003; Pashazadeh et al., 2021a).

4.2.3. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları

4.2.3.1. Kurutma Kinetiğinin Modellenmesi

Tepsili kurutucu ile dört farklı sıcaklıkta (50, 60, 70 ve 80 °C) ve üç farklı hava hızında (0.5, 1.0 ve 1.5 m/s) kurutulan örneklerin kurutulması sırasında elde edilen nem oranı değerlerinin kuruma süresi ile değişimini içeren deneysel değerler 14 farklı kurutma modeli ile modellenmiştir. Yapılan matematiksel modellemeler Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Kara kuşburnu meyvelerinin deneysel kurutma verilerine uygulanan farklı kurutma modellerinin istatistiksel analiz sonuçları

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı(m/s)	R ²	RMS E	χ^2
Newton	50	0.5	0.99709	0.01377	0.00019
		1.0	0.99513	0.01883	0.00035
		1.5	0.99392	0.02088	0.00044
	60	0.5	0.98735	0.03236	0.00105
		1.0	0.98818	0.03137	0.00098
		1.5	0.99225	0.02476	0.00061
	70	0.5	0.9805	0.04164	0.00173
		1.0	0.97422	0.05017	0.00252
		1.5	0.97435	0.04967	0.00247
	80	0.5	0.94399	0.0771	0.00594
		1.0	0.96063	0.06433	0.00414
		1.5	0.98871	0.03199	0.00102
Page	50	0.5	0.99711	0.01375	0.00019
		1.0	0.99804	0.01201	0.00014
		1.5	0.99803	0.01193	0.00014
	60	0.5	0.99674	0.01658	0.00027
		1.0	0.99886	0.00984	0.00009
		1.5	0.99774	0.01352	0.00018
	70	0.5	0.9955	0.02026	0.00041
		1.0	0.99672	0.01822	0.00033
		1.5	0.99827	0.0131	0.00017
	80	0.5	0.99545	0.02253	0.00050
		1.0	0.99766	0.01614	0.00026
		1.5	0.99788	0.01413	0.0002
Henderson ve pabis	50	0.5	0.99730	0.01332	0.00018
		1.0	0.99782	0.01264	0.00016
		1.5	0.99755	0.01331	0.00018
	60	0.5	0.99274	0.02473	0.00061
		1.0	0.99398	0.02257	0.00051
		1.5	0.99483	0.02046	0.00042
	70	0.5	0.99013	0.03001	0.0009
		1.0	0.98515	0.03875	0.0015
		1.5	0.98843	0.03386	0.00115
	80	0.5	0.96941	0.05845	0.00342
		1.0	0.97517	0.05256	0.00276
		1.5	0.99343	0.02489	0.00062

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı(m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Logaritmik	50	0.5	0.99749	0.01288	0.00017
		1.0	0.99817	0.01164	0.00014
		1.5	0.99875	0.00955	0.00009
	60	0.5	0.99706	0.01588	0.00025
		1.0	0.99916	0.00851	0.00007
		1.5	0.99834	0.01173	0.00014
	70	0.5	0.99201	0.02737	0.00075
		1.0	0.98977	0.03276	0.00107
		1.5	0.99278	0.02716	0.00074
	80	0.5	0.9909	0.03276	0.00107
		1.0	0.99104	0.03255	0.00106
		1.5	0.9943	0.0237	0.00056
Two-term	50	0.5	0.9973	0.01339	0.000179
		1.0	0.9979	0.01251	0.00016
		1.5	0.99757	0.0134	0.00018
	60	0.5	0.99672	0.01695	0.00029
		1.0	0.99881	0.01023	0.0001
		1.5	0.9896	0.02973	0.00088
	70	0.5	0.99684	0.01745	0.0003
		1.0	0.99056	0.03207	0.00103
		1.5	0.9993	0.0086	0.00007
	80	0.5	0.995375	0.02403	0.0005
		1.0	0.99445	0.02646	0.0007
		1.5	0.99849	0.01243	0.00015
Two-term Exponential	50	0.5	0.99708	0.01383	0.00019
		1.0	0.99511	0.01896	0.00036
		1.5	0.99791	0.01229	0.00015
	60	0.5	0.98732	0.03269	0.00107
		1.0	0.99864	0.01074	0.00012
		1.5	0.99223	0.02509	0.00063
	70	0.5	0.98047	0.04221	0.00178
		1.0	0.99726	0.01664	0.00028
		1.5	0.99909	0.0095	0.00009
	80	0.5	0.99499	0.02366	0.00056
		1.0	0.99675	0.01902	0.00036
		1.5	0.99816	0.01316	0.00017

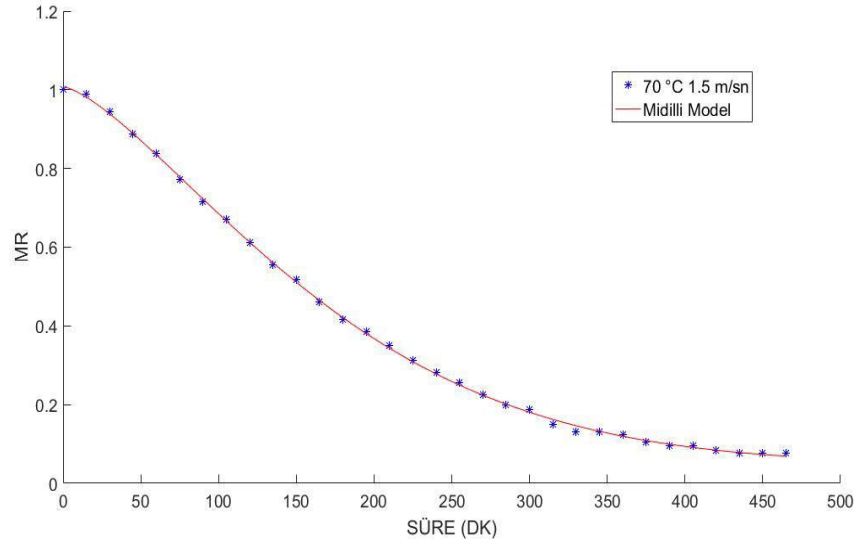
Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı(m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Wang ve Singh	50	0.5	0.99089	0.02444	0.0006
		1.0	0.99191	0.02438	0.00059
		1.5	0.99601	0.017	0.00029
	60	0.5	0.99625	0.01779	0.00032
		1.0	0.99834	0.01187	0.00014
		1.5	0.99612	0.01773	0.00031
	70	0.5	0.99308	0.02512	0.00063
		1.0	0.99373	0.0252	0.00063
		1.5	0.99389	0.0246	0.00061
	80	0.5	0.98555	0.04018	0.00161
		1.0	0.99118	0.03133	0.00098
		1.5	0.99681	0.01736	0.0003
Approximation of Diffusion	50	0.5	0.99711	0.01385	0.00019
		1.0	0.99817	0.01169	0.00014
		1.5	0.99875	0.00961	0.00009
	60	0.5	0.99606	0.01856	0.00034
		1.0	0.99916	0.00859	0.00007
		1.5	0.99809	0.01273	0.00016
	70	0.5	0.9920	0.02775	0.00077
		1.0	0.98471	0.04081	0.00167
		1.5	0.99276	0.02764	0.00076
	80	0.5	0.9909	0.03371	0.00114
		1.0	0.99104	0.03362	0.00113
		1.5	0.99224	0.02819	0.00079
Verma	50	0.5	0.99723	0.01351	0.00018
		1.0	0.99796	0.01231	0.00015
		1.5	0.99713	0.01449	0.00021
	60	0.5	0.99662	0.01703	0.00029
		1.0	0.99878	0.01026	0.00011
		1.5	0.99787	0.01329	0.00018
	70	0.5	0.99684	0.01722	0.0003
		1.0	0.98613	0.03814	0.00145
		1.5	0.993841	0.02509	0.00063
	80	0.5	0.995373	0.02335	0.00055
		1.0	0.9973	0.01787	0.00032
		1.5	0.99849	0.01217	0.00015

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı(m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Logistic	50	0.5	0.9973	0.01335	0.00018
		1.0	0.99832	0.01116	0.00012
		1.5	0.99834	0.01101	0.00012
	60	0.5	0.99686	0.01643	0.00027
		1.0	0.99889	0.00976	0.00009
		1.5	0.99788	0.01324	0.00018
	70	0.5	0.99534	0.02090	0.00044
		1.0	0.99653	0.01907	0.00036
		1.5	0.99813	0.01384	0.00019
	80	0.5	0.99477	0.02483	0.00062
		1.0	0.99753	0.01709	0.00029
		1.5	0.99777	0.01479	0.00022
Aghabashlo	50	0.5	0.99709	0.01381	0.00019
		1.0	0.99766	0.01311	0.00017
		1.5	0.99801	0.01200	0.00014
	60	0.5	0.99685	0.01628	0.00027
		1.0	0.99893	0.00951	0.00009
		1.5	0.99821	0.01203	0.00014
	70	0.5	0.99073	0.02908	0.00085
		1.0	0.99150	0.02932	0.00086
		1.5	0.99211	0.02796	0.00078
	80	0.5	0.98994	0.03352	0.00112
		1.0	0.99361	0.02668	0.00071
		1.5	0.99487	0.02199	0.00048
Modified Page1	50	0.5	0.99711	0.01375	0.00019
		1.0	0.99804	0.01201	0.00014
		1.5	0.99803	0.01193	0.00014
	60	0.5	0.99674	0.01658	0.00027
		1.0	0.99886	0.00984	0.00009
		1.5	0.99774	0.01352	0.00018
	70	0.5	0.99550	0.02026	0.00041
		1.0	0.99670	0.01822	0.00033
		1.5	0.99827	0.01310	0.00017
	80	0.5	0.99545	0.02253	0.00051
		1.0	0.99766	0.01614	0.00026
		1.5	0.99788	0.01413	0.0002

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı(m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Modifiye Page	50	0.5	0.99748	0.01288	0.00017
		1.0	0.99813	0.01178	0.00014
		1.5	0.99804	0.01198	0.00014
	60	0.5	0.99682	0.01652	0.00027
		1.0	0.99899	0.00934	0.00008
		1.5	0.998	0.01289	0.00017
	70	0.5	0.99668	0.01764	0.00031
		1.0	0.9973	0.01683	0.00028
		1.5	0.99934	0.00818	0.00006
	80	0.5	0.9956	0.02275	0.00052
		1.0	0.99766	0.01663	0.00028
		1.5	0.9988	0.01077	0.00012
Modifiye Midilli	50	0.5	0.997486	0.99749	0.99744
		1.0	0.99824	0.01147	0.00013
		1.5	0.99884	0.00927	0.00008
	60	0.5	0.99729	0.01541	0.00024
		1.0	0.9994	0.00691	0.00024
		1.5	0.9984	0.01165	0.00014
	70	0.5	0.99735	0.01597	0.00026
		1.0	0.99789	0.01517	0.00023
		1.5	0.99965	0.00607	0.00003
	80	0.5	0.99603	0.02227	0.0005
		1.0	0.99768	0.01712	0.00029
		1.5	0.99946	0.00741	0.00005
Midilli	50	0.5	0.9975	0.01288	0.00017
		1.0	0.99823	0.01151	0.00013
		1.5	0.9988	0.00941	0.00008
	60	0.5	0.99727	0.01546	0.00024
		1.0	0.99946	0.00691	0.00004
		1.5	0.99841	0.01161	0.00013
	70	0.5	0.99729	0.01615	0.00026
		1.0	0.99792	0.01504	0.00022
		1.5	0.99967	0.00594	0.00003
	80	0.5	0.99602	0.02229	0.0005
		1.0	0.99768	0.01711	0.00029
		1.5	0.99955	0.00681	0.00004

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı(m/s)	R ²	RMSE	χ ²
Modifiye Henderson and Pabis	50	0.5	0.99746	0.01306	0.00017
		1.0	0.9979	0.01261	0.00016
		1.5	0.99727	0.01435	0.00021
	60	0.5	0.99676	0.01717	0.00029
		1.0	0.99922	0.00843	0.00007
		1.5	0.99769	0.01435	0.00021
	70	0.5	0.99685	0.01792	0.00032
		1.0	0.99315	0.02844	0.00081
		1.5	0.97593	0.0521	0.00271
	80	0.5	0.90159	0.118	0.01392
		1.0	0.99362	0.03047	0.00093
		1.5	0.99655	0.01968	0.00039
Modifiye Logistic	50	0.5	0.99754	0.0128	0.00016
		1.0	0.99844	0.01085	0.00012
		1.5	0.99886	0.00919	0.00008
	60	0.5	0.99403	0.02308	0.00053
		1.0	0.99730	0.01556	0.00024
		1.5	0.99787	0.01361	0.00019
	70	0.5	0.99704	0.017117	0.00029
		1.0	0.99797	0.01518	0.00023
		1.5	0.99955	0.00704	0.00004
	80	0.5	0.9743	0.05843	0.00341
		1.0	0.9975	0.01840	0.00034
		1.5	0.99960	0.00649	0.00004

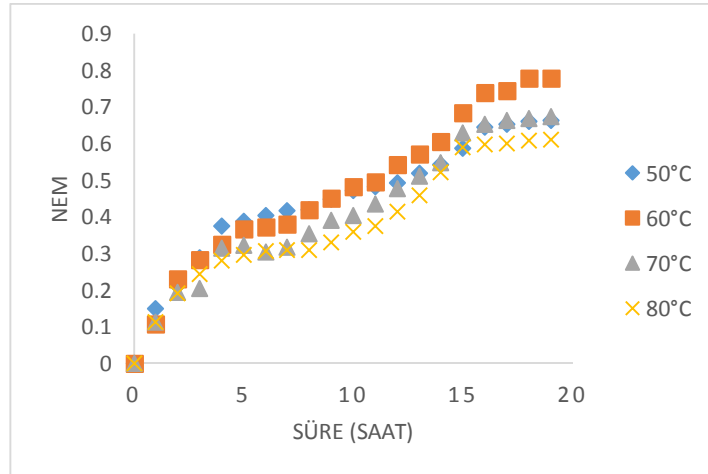
Kara kuşburnu meyvesini tanımlayan en iyi model regresyon katsayısı (R²), tahminin standart hatası (RMSE) ve khi-kare (χ²) değerlerine göre seçilmiştir. Test edilen tüm modellerin en az R² =0.98 ile kabul edilebilir olduğu görülmektedir (Dorneles et al., 2019). Test edilen tüm modeller, 0.98009 ile 0.99970 arasında değişen R², 0.138 ile 0.00594 aralığında değişen RMSE ve 0.01392 ile 0.000035 arasında değişen χ² değerlerine sahiptir (Tablo 4.2). Yapılan çalışmalarda, birçok bitkisel ürününün kuruma eğrilerinin modellenmesi için benzer R², RMSE ve χ² değerleri rapor edilmiştir (Ashtiani et al., 2017; Nurafifah et al., 2018; Dorneles et al., 2019). Kurutma sıcaklıkları için en uygun modelin en yüksek R² (0.9960–0.9997), en düşük RMSE (0.0222-0.0059) ve en düşük χ² (0.0005-0.00003) sunan Midilli modeli olduğu tespit edilmiştir (Ek. 1). Ayrıca Midilli modelin içerisinde en yüksek R² (0.9997), en düşük RMSE (0.0059) ve en düşük χ² (0.00003) değerine 70 °C’de 1.5 m/s kurutulmuş örneğin sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, Midilli modelini, kurutulmuş kuşburnu (Ergüneş ve Taşova, 2018; Lin et al., 2013; Pashazadeh et al., 2020; Pashazadeh et al., 2021e) ve kurutulmuş çeşitli gıda ürünlerini (Ashtiani et al., 2017; Doymaz and Karasu, 2018; Gazor ve Rastapour, 2015; Goztepe et al., 2022; Menges vd., 2005; Menges et al., 2006; Toğrul, 2016; Zannou et al., 2021) tanımlamak için en uygun model olarak bildiren çeşitli araştırmacılar tarafından da desteklenmektedir.



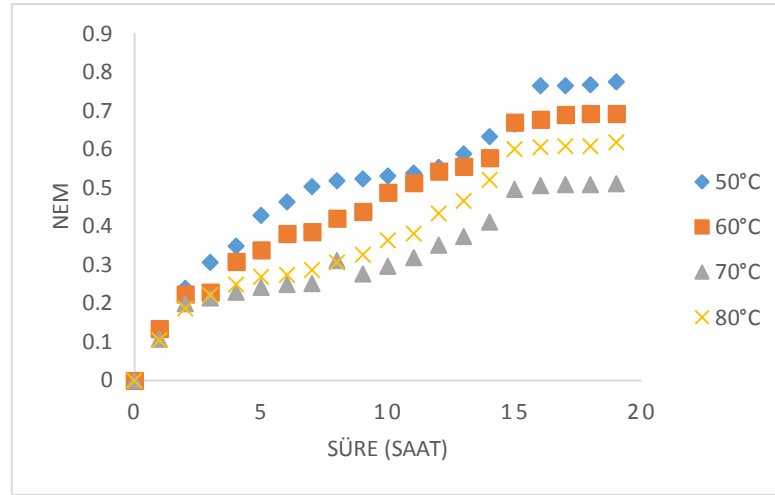
Şekil 4.8. En uygun Midilli modeli ile optimum kurutma noktasının kinetiği

4.3.Rehidrasyon Oranları ve Modelleme Çalışması

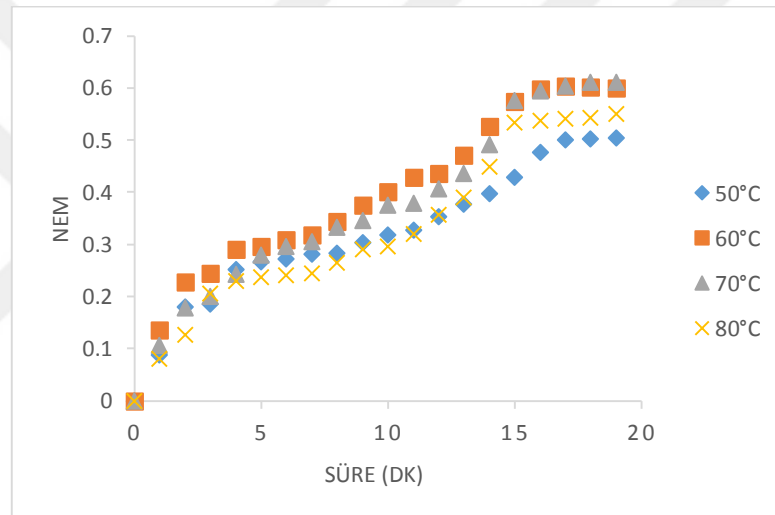
Rehidrasyon değeri, kurutulmuş gıdalarda önemli bir kalite parametresidir. Rehidrasyon yeteneğinin yüksek olması teknolojik açıdan ve tüketici tercihi açısından önemlidir. 50, 60, 70 ve 80 °C ve üç farklı hava hızında (0.5, 1.0 ve 1.5 m/s) kurutulan meyveler farklı sıcaklıklarda (20, 40 ve 60 °C) tutularak rehidrasyon oranları belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda rehidre edilen meyvelerin su alma eğilimleri şekillerde (Şekil 4.9- 4.29) görülmektedir.



Şekil 4.9. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

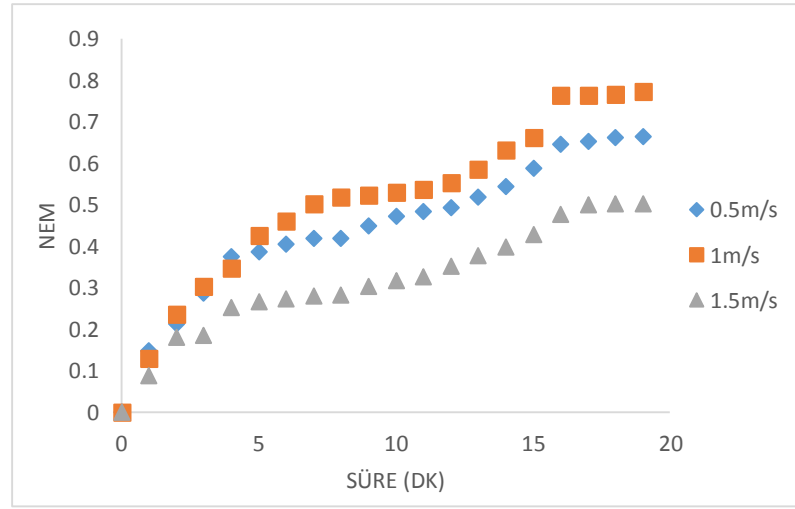


Şekil 4.10. 1.0 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

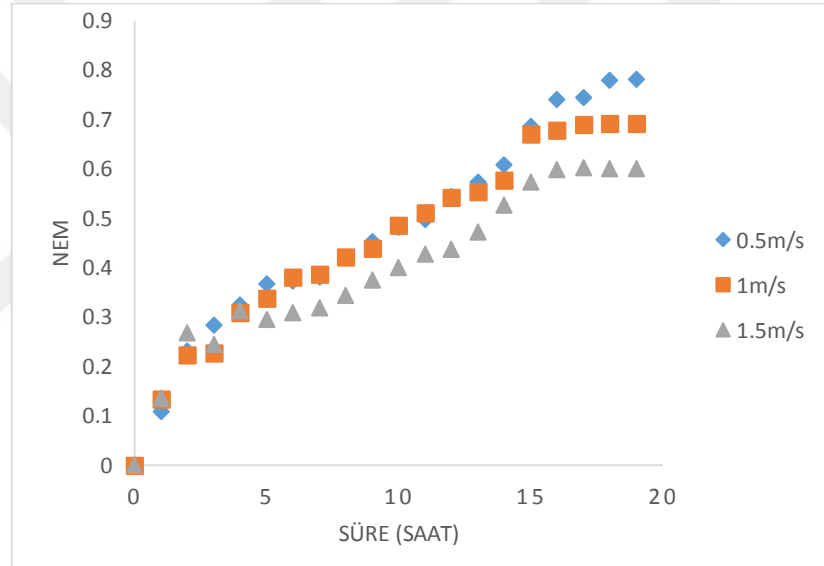


Şekil 4.11. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 20 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

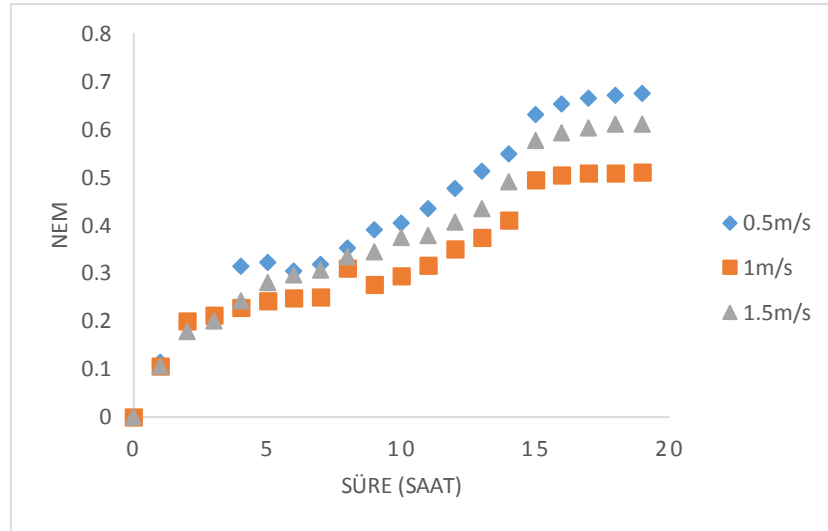
Şekillerden görüldüğü gibi, aynı hızda kurutulan meyvelerin kurutma sıcaklığına bağlı olarak su alma dereceleri de az veya çok farklı olmuştur. 0.5 ve 1.5 m/s hızda kurutulanlarda en yüksek rehidrasyon oranları 60 °C'de kurutulanlarda gerçekleşmiştir.



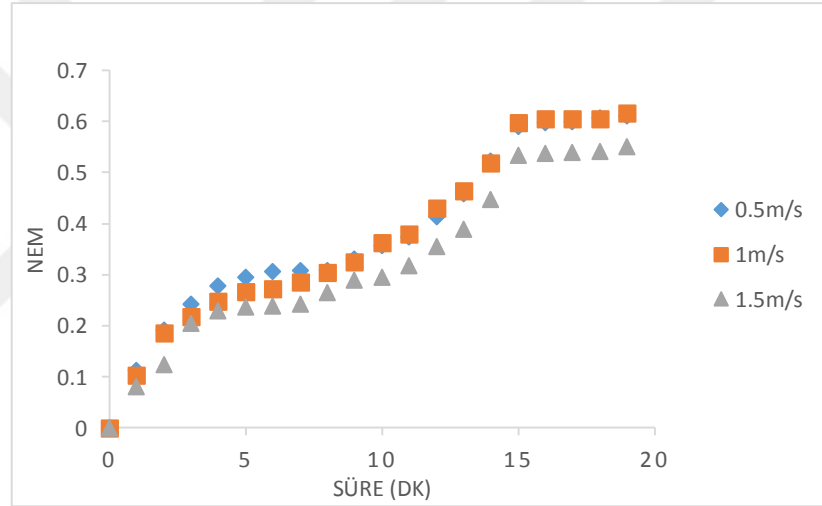
Şekil 4.12. 50 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim



Şekil 4.13. 60 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

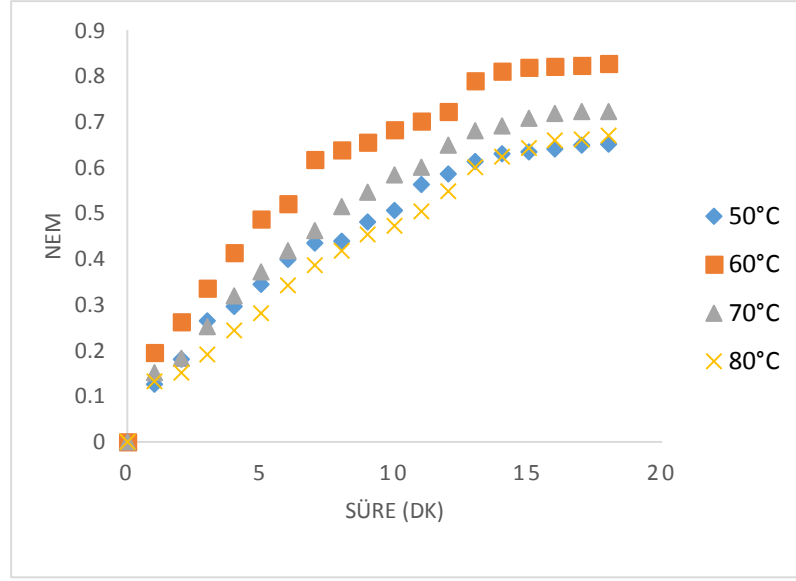


Şekil 4.14. 70 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

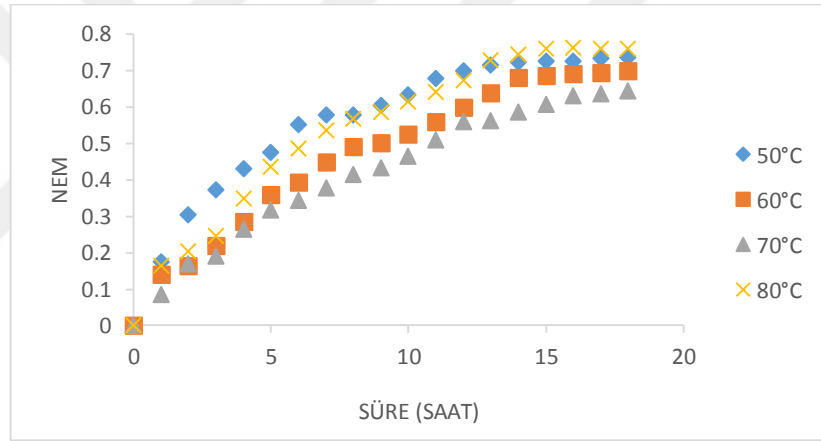


Şekil 4.15. 80 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 20 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

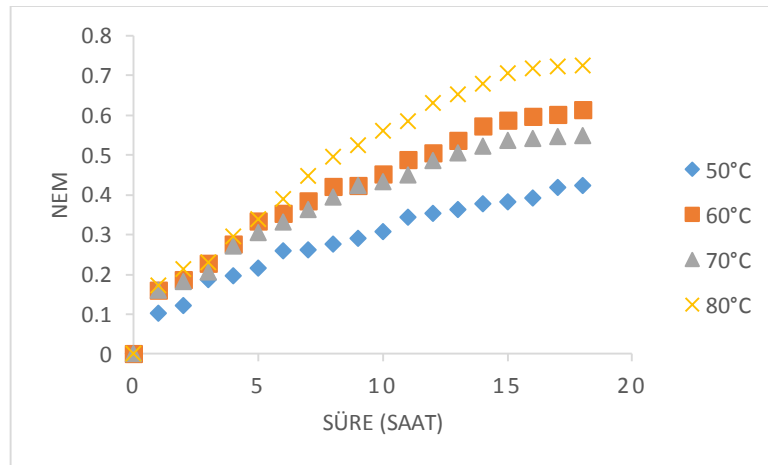
Aynı kurutma sıcaklığında farklı hızda kurutulan meyvelerde hıza bağlı olarak su alma dereceleri de fark etmiştir. Genel olarak düşük hızda (0.5 m/s) kurutulanlarda en yüksek rehidrasyon oranları gerçekleşmiştir. Ancak, düşük sıcaklıkta kurutmada 1 m/s hızla kurutulanların daha yüksek su absorbe ettiği görülmektedir.



Şekil 4.16. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

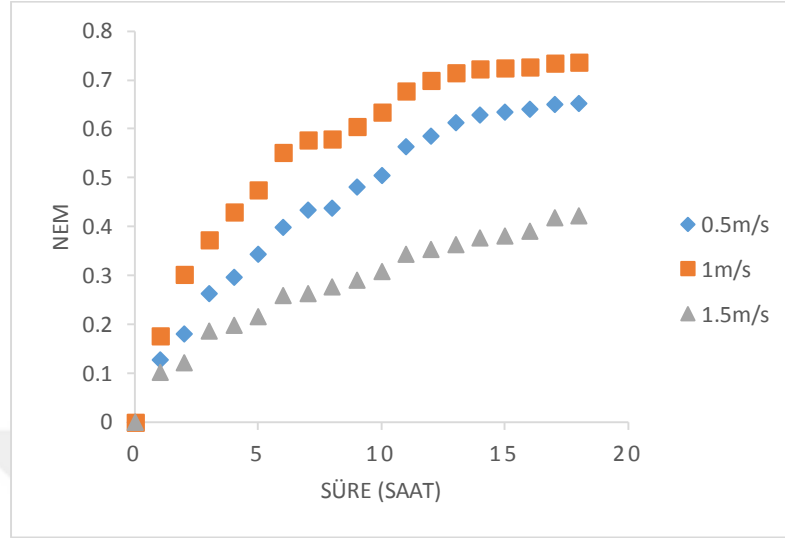


Şekil 4.17. 1 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

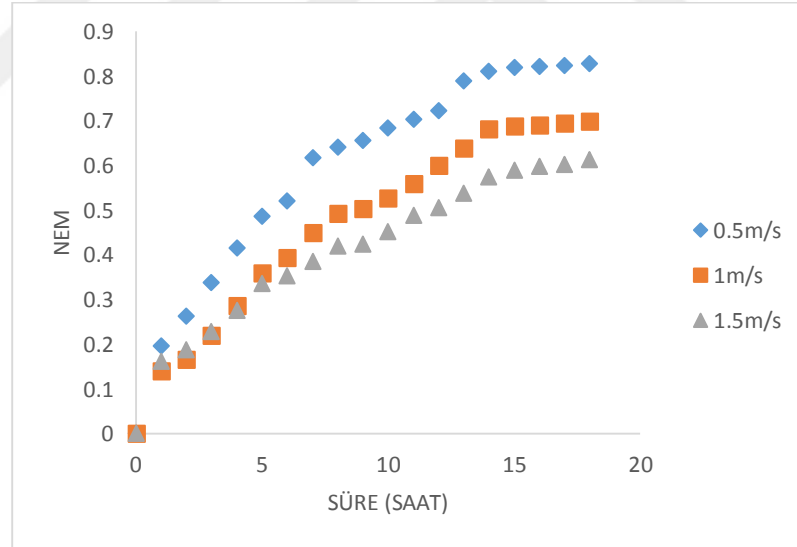


Şekil 4.18. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 40 °C' de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

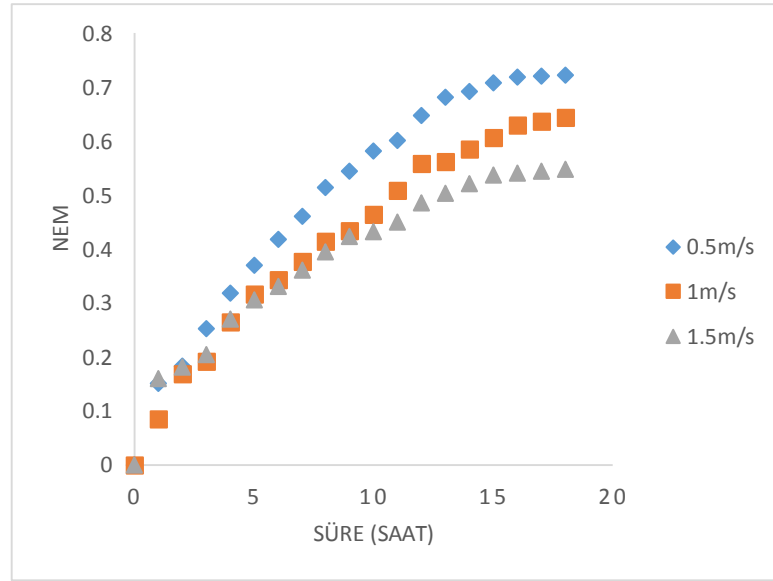
Rehidrasyon sıcaklığı 40 °C' ye yükseltildiğinde su absorpsiyon dereceleri farklı olmuştur. 0.5 m/s hızda kurutulanlarda en yüksek rehidrasyon oranları 60 °C'de kurutulanlarda gerçekleşirken diğerlerinde 80 °C'de kurutulanlarda saptanmıştır.



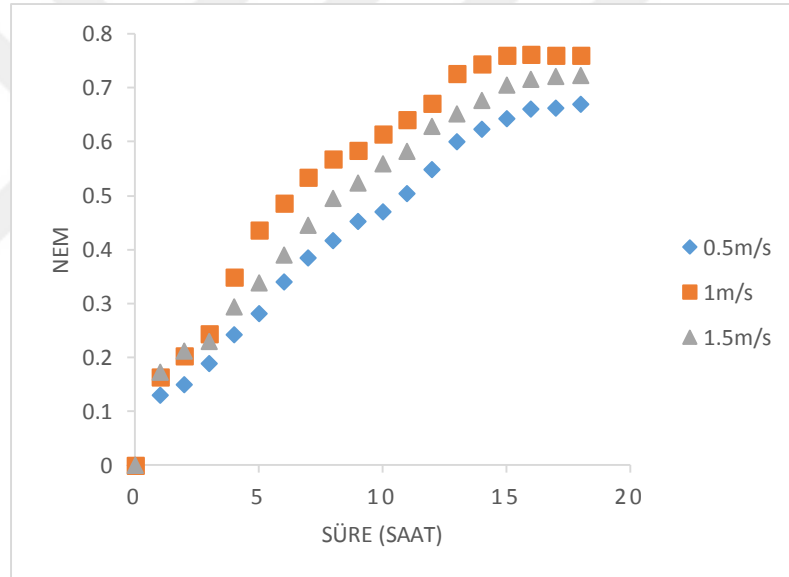
Şekil 4.19. 50°C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim



Şekil 4.20. 60°C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

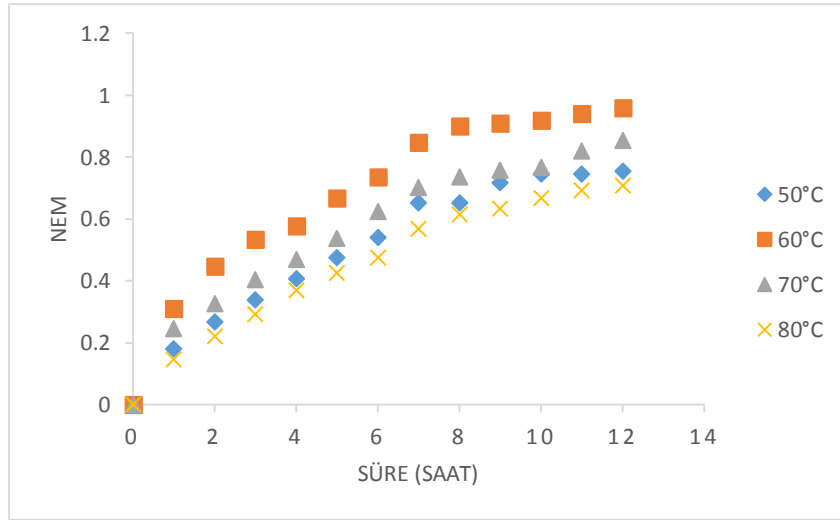


Şekil 4.21. 70°C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

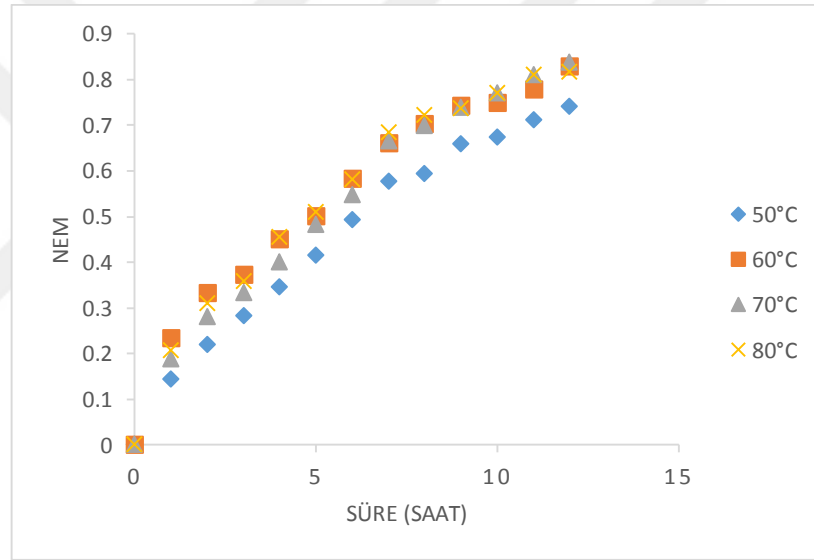


Şekil 4.22. 80°C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 40 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

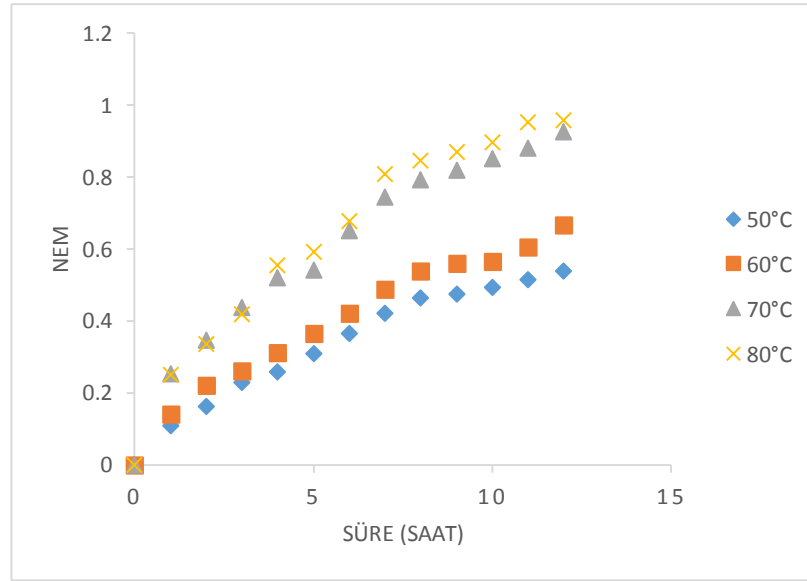
Aynı kurutma sıcaklığında farklı hızda kurutulan meyvelerde, hıza bağlı olarak 40 °C'de su alma dereceleri de çok farklı olmuştur. 60 ve 70 °C'de düşük hızda (0.5 m/s) kurutulanlarda en yüksek rehidrasyon oranları gerçekleşirken, 80 °C'de aynı hızda en düşük oranlar belirlenmiştir.



Şekil 4.23. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 60 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

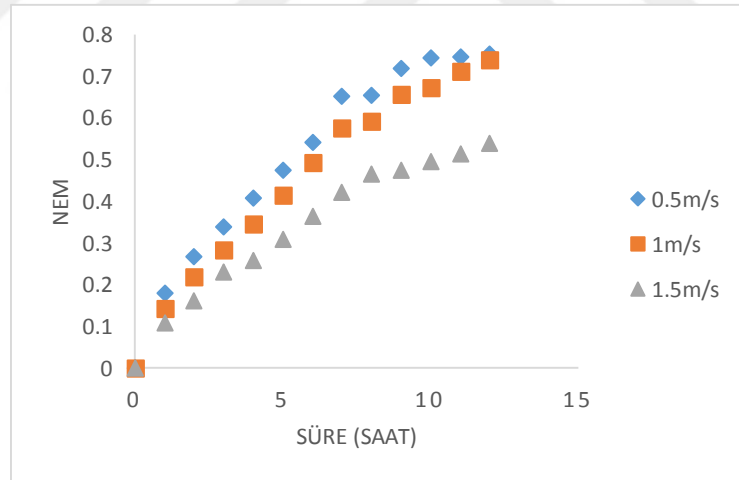


Şekil 4.24. 1 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 60 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

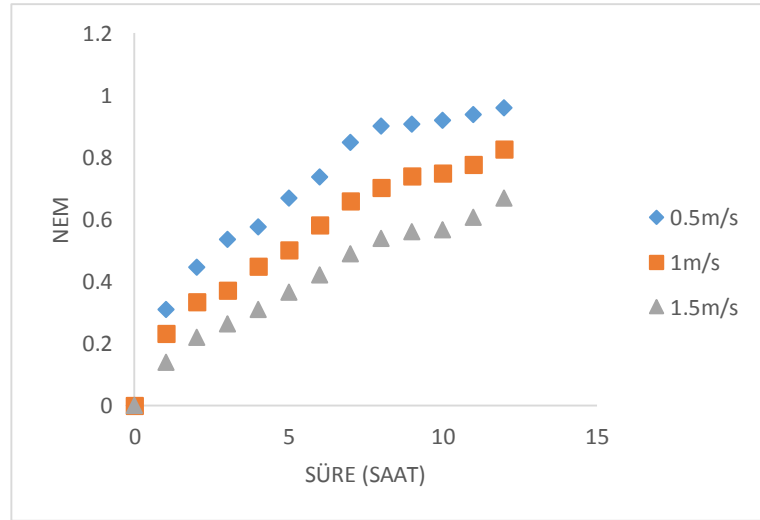


Şekil 4.25. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin 60 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

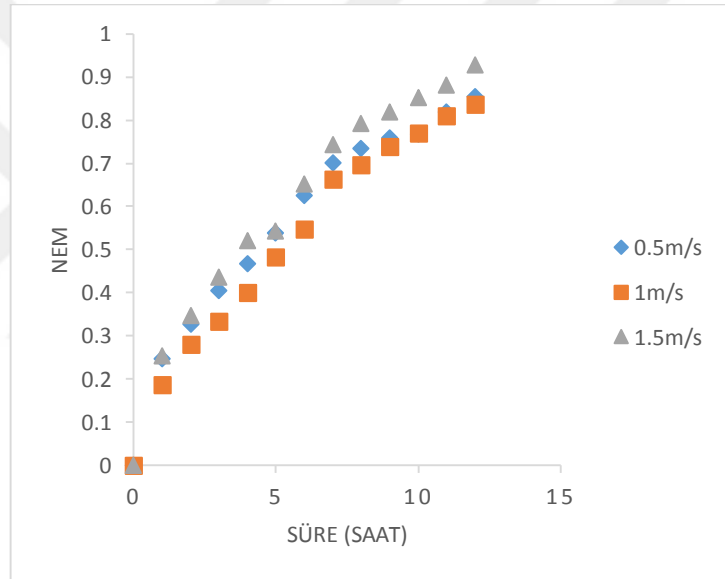
Rehidrasyon sıcaklığı 60 °C'ye yükseltildiğinde su absorpsiyon dereceleri 0.5 ve 1.0 m/sn hızda kurutulanlarda en yüksek oranlar 60 °C'de kurutulanlarda gerçekleşirken, diğerinde (1.5 m/s) 80 °C'de kurutulanlarda saptanmıştır.



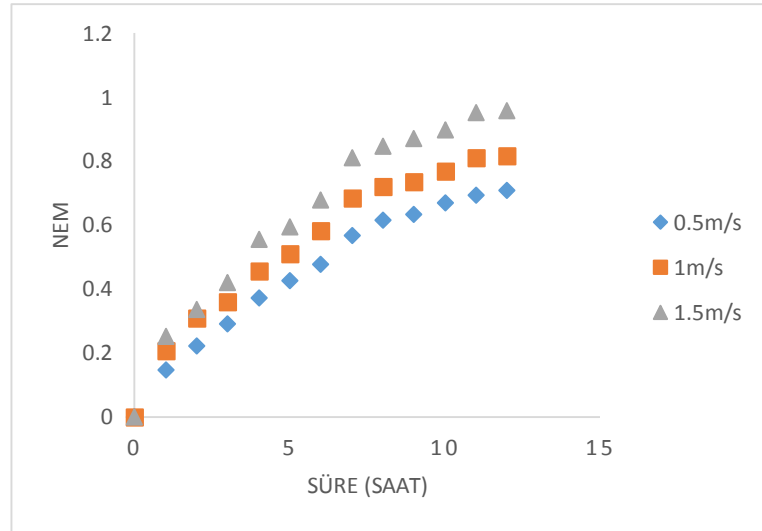
Şekil 4.26. 50°C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim



Şekil 4.27. 60°C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim



Şekil 4.28. 70°C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim



Şekil 4.29. 80°C üç farklı hava hızında kurutulan örneklerin 60 °C'de rehidrasyonu sırasında oranlardaki değişim

Aynı kurutma sıcaklığında, 0.5 m/s hızda kurutulan meyvelerde 50, 60 ve 70°C'de su alma dereceleri fazla olmuştur. Ancak, yüksek sıcaklıkta 1.5 m/s hızla kurutulanların daha yüksek su absorbe ettiği görülmektedir.

Tüm şekiller birlikte incelendiğinde; farklı kurutma sıcaklıkları için rehidrasyon eğrilerinin az çok değiştiği görülmüştür. 20, 40 ve 60°C rehidrasyon sıcaklıklarında, rehidrasyon sırasında numunelerde hızlı su absorpsiyonu, ardından absorpsiyon kapasitesinde bir azalma ve daha sonra sabit bir rehidrasyon hızı gözlemlenmiştir. Rehidrasyon ilerledikçe su içeriği artmakta, kuşburnu maksimum nem içeriğine ulaştığında süreç sona ermektedir. Şekillerde açıkça görülmektedir ki, özellikle rehidrasyon işleminin ilk aşamalarında çizgilerin eğiminden de anlaşılabileceği üzere düşük sıcaklık ile karşılaştırıldığında, yüksek sıcaklıkta yüksek bir su absorbe etme oranı sağlanmıştır. Yani düşük sıcaklıkta daha az rehidrasyon oranı ve daha uzun sürede sabitleme eğilimi sözkonusudur. Bu durum, sıcaklığın yükselmesi ile su difüzyon hızının artmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 4.4). Kurutma sırasında su akışının sürüklediği bazı maddelerin birikmesiyle selülozik yapının su geçirgenliği değiştiği ve su alım oranı etkilendiği için, kurutma sıcaklıkları farklı sıcaklıklarda rehidre edilen meyvelerin davranışını etkilemektedir (Chenlo et al., 2018). Ayrıca rehidrasyon hızı, kurutma sıcaklıklarının bir fonksiyonu olan kurutulmuş meyvelerin dokusu ve şeklinden de etkilenebilmektedir (Zhao et al., 2018).

Rehidrasyon sıcaklığının rehidrasyon oranına etkisini daha iyi anlayabilmek için dengeye ulaştığında ağırlıktaki yüzde artışlar istatistiksel analize tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Farklı sıcaklıkta rehidre edilen meyvelerin rehidrasyon kapasiteleri

Sıcaklık(°C)	Hava hızı (m/s)	Rehidrasyon Değeri (%) (20°C)	Rehidrasyon Değeri (%) (40°C)	Rehidrasyon Değeri (%) (60°C)
50	0.5	69.39±0.08c	65.10±0.03g	75.43±0.10h
	1.0	77.39±0.12b	73.56±0.04c	74.04±0.06i
	1.5	50.31±0.36k	42.20±0.14j	53.90±0.07l
60	0.5	78.02±0.33a	82.64±0.18a	95.93±0.44a
	1.0	69.18±0.05c	69.87±0.47e	82.85±0.10f
	1.5	60±0.14h	61.25±0.45h	66.82±0.5k
70	0.5	67.50±0.35d	72.24±0.54d	85.47±0.34d
	1.0	51.04±0.28j	64.40±0.42g	83.72±0.19e
	1.5	65.05±0.13e	54.77±0.31i	92.75±0.17b
80	0.5	61.20±0.10g	66.98±0.08f	70.94±0.59j
	1.0	61.80±0.06f	76.09±0.17b	81.73±0.12g
	1.5	55.05±0.24i	72.37±0.19d	88.76±0.10c

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Tablo 4.5'te görüldüğü gibi, kurutma koşullarının rehidrasyon kapasitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). En yüksek rehidrasyon kapasitesi 20, 40 ve 60 °C'deki rehidrasyon sıcaklıkları için sırasıyla %78.02, %82.64, %95.93 olarak 60 °C ve 0.5 m/s hava hızı ile kurutulan meyvelerde belirlenmiştir. Rehidrasyon kapasitesi üzerine rehidrasyon sıcaklığının etkisi de istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). Görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça rehidrasyon kapasitesi önemli derecede artmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.4. Sıcaklıkların rehidrasyon kapasite üzerine etkisi

Rehidrasyon sıcaklığı	Rehidrasyon kapasite, %
20 °C	63.86b
40 °C	66.91b
60 °C	79.91a

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Farklı hızlarda kurutulan meyvelerin rehidrasyon sıcaklığından etkilenmesi de istatistiksel olarak önemli olmuştur ($p<0.05$). Hava hızının artması ile rehidrasyon oranında düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 4.7). Buna neden olarak meyvenin düşük hava hızında kurutulmasında gevşek bir dış tabakanın gözenekli bir yapı kazanması gösterilebilir. Buna karşılık, yüksek hava hızında kurutulan numunelerin çökmüş bir

yapıya sahip olduğu ve yüzeyde bir jel tabakası olduğu düşünülmektedir. Ürünün mikro yapısı ürünün makroskopik özelliklerini belirlediğinden, bu olay rehidrasyon işlemi sırasında su penetrasyonunu azaltabilir. Bu iddia, Şekil 4.10'da gösterilen numunelerin mikro yapısı ile doğrulanabilmektedir. Literatür incelediğinde; Xiao ve Gao (2012) ve Xiao vd. (2015) tarafından yapılan çalışmaların elde ettiğimiz sonuçları desteklediği görülmektedir. Ayrıca 20, 40 ve 60 °C sıcaklıkta rehidrasyona tabi tutulmuş kara kuşburnu örnekleri incelendiğinde, rehidrasyon sıcaklığının artması ile geri su kazanma oranında da (rehidrasyon oranı) belli ölçüde bir artış tespit edilmiştir. Benzer şekilde Krokida (2003); Pashazadeh vd. (2021a); Solomon (2007) ve Vega-Galez vd. (2009) yaptıkları çalışmalarda sıcaklığın artışıyla rehidrasyon oranının arttığını rapor etmişlerdir.

Tablo 4.5. Rehidrasyon kapasitesi üzerine hava hızı ve rehidrasyon sıcaklığının etkisi

Hava hızı	Rehidrasyon Sıcaklığı		
	20 °C	40 °C	60 °C
0.5	69.05a	71.88a	81.80a
1	64.82ba	71.07a	80.68a
1.5	57.70b	57.77b	77.25b

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Hava hızının rehidrasyon kapasitesi üzerine olan etkiyle aynı orantıda olmasa da kurutma sıcaklığı ve rehidrasyon sıcaklığının etkisi de istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). 50 °C'de kurutulanlarda rehidrasyon sıcaklığı istatistiksel olarak farklılık oluştururken diğer kurutma sıcaklıklarında önemli olmadığı dikkat çekmektedir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Rehidrasyon kapasitesi üzerine kurutma ve rehidrasyon sıcaklıklarının etkisi

Kurutma sıcaklığı	Rehidrasyon Sıcaklığı		
	20 °C	40 °C	60 °C
50 °C	65.77	60.33	67.79b
60 °C	69.10	71.29	81.80a
70 °C	61.13	64.10	87.50a
80 °C	59.44	71.91	80.39a

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

4.3.1.Rehidrasyon Modelleme Çalışması

Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan meyvelerin rehidrasyonu süresince kazanılan suyun zamana karşı değişimini içeren deneysel veriler dört farklı matematiksel model ile modellenmiştir. Yapılan matematiksel modellemeler çizelgelerde (Tablo 4.7; Ek 3 ve 4) verilmiştir.

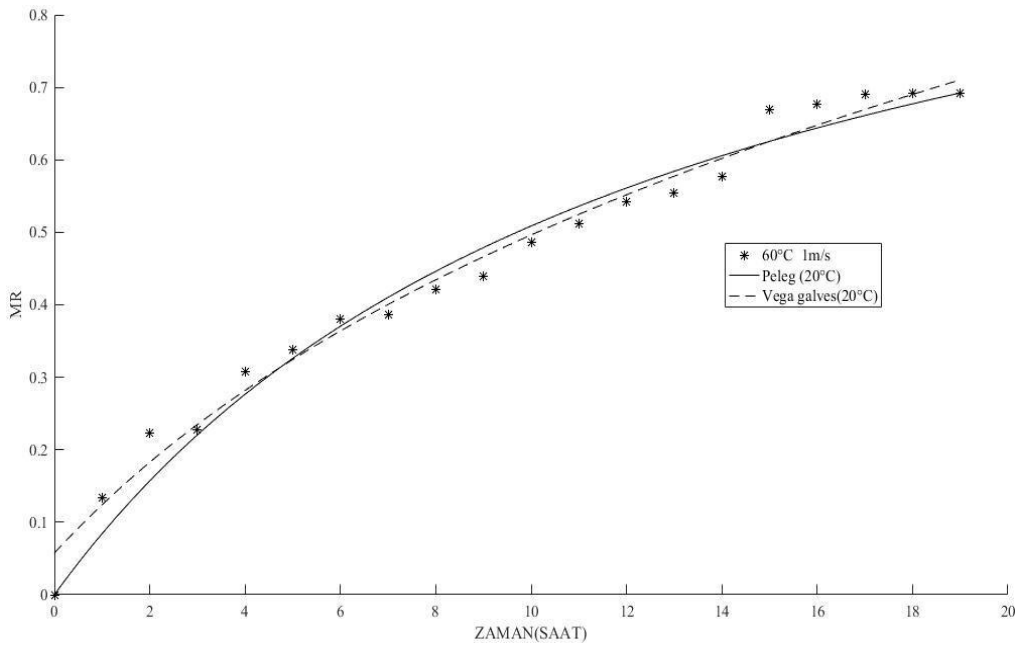
Tablo 4.7. Rehidrasyon verilerinin modellemesinin istatistiksel analizi sonuçları

Modeller	Sıcaklık (°C)	Havahızı (m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Peleg Model(20 °C)	50	0.5	0.956276	0.037946	0.00144
		1.0	0.963826	0.041778	0.001745
		1.5	0.93357	0.036062	0.0013
	60	0.5	0.957405	0.046638	0.002175
		1.0	0.9762	0.031732	0.001007
		1.5	0.916033	0.049324	0.002433
	70	0.5	0.952368	0.043971	0.001933
		1.0	0.896866	0.047006	0.00221
		1.5	0.949244	0.040803	0.001665
	80	0.5	0.919394	0.050867	0.002587
		1.0	0.943059	0.044556	0.001985
		1.5	0.932857	0.043593	0.0019
Vega galves Model(20 °C)	50	0.5	0.963618	0.035617	0.001269
		1.0	0.967704	0.04062	0.00165
		1.5	0.953749	0.30963	0.000959
	60	0.5	0.972958	0.038237	0.001462
		1.0	0.983684	0.027035	0.000731
		1.5	0.946947	0.040343	0.001628
	70	0.5	0.967768	0.037219	0.001385
		1.0	0.931275	0.039484	0.001559
		1.5	0.966563	0.034079	0.001161
	80	0.5	0.94475	0.043334	0.001878
		1.0	0.960308	0.038278	0.001465
		1.5	0.947045	0.039836	0.001587

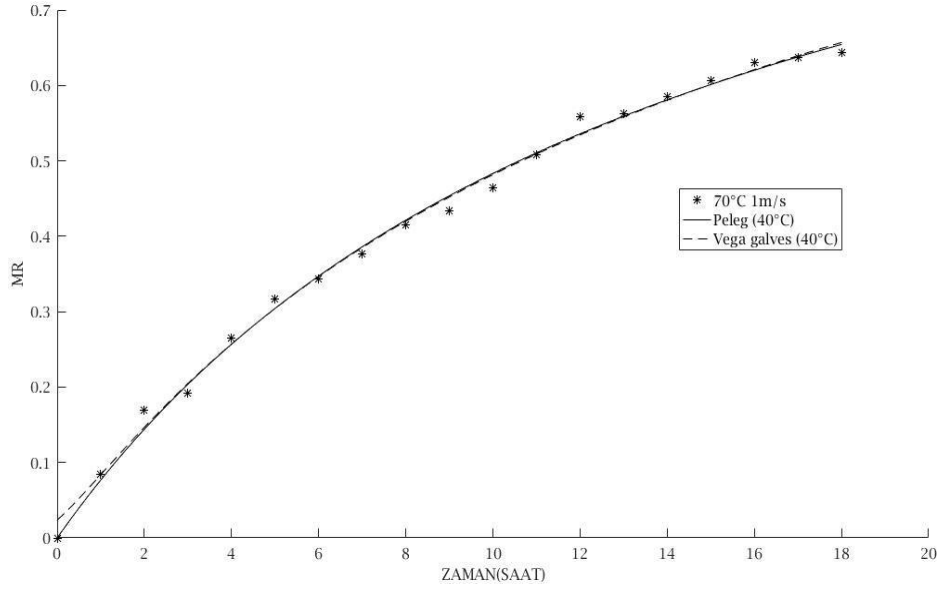
Modeller	Sıcaklık (°C)	Havahızı (m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Peleg Model(40 °C)	50	0.5	0.993444	0.016378	0.000268
		1.0	0.995877	0.013851	0.000192
		1.5	0.982477	0.015389	0.000237
	60	0.5	0.993277	0.020601	0.000424
		1.0	0.992372	0.019382	0.000376
		1.5	0.98347	0.023034	0.000531
	70	0.5	0.994215	0.017398	0.000303
		1.0	0.996107	0.012636	0.00016
		1.5	0.984248	0.020306	0.000412
	80	0.5	0.991403	0.01977	0.000391
		1.0	0.991077	0.022793	0.00052
		1.5	0.987897	0.024709	0.000611
Vega galves Model(40 °C)	50	0.5	0.99279	0.017705	0.000312
		1.0	0.993822	0.017479	0.000306
		1.5	0.987289	0.013902	0.000193
	60	0.5	0.99231	0.022709	0.000516
		1.0	0.992027	0.020426	0.000417
		1.5	0.988567	0.019746	0.00039
	70	0.5	0.993654	0.018783	0.01883
		1.0	0.99558	0.013879	0.000193
		1.5	0.987385	0.018731	0.000351
	80	0.5	0.992193	0.019419	0.000377
		1.0	0.990716	0.023965	0.000574
		1.5	0.989559	0.023655	0.00056

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı (m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Peleg Model(60 °C)	50	0.5	0.989882	0.025856	0.000669
		1.0	0.994716	0.017976	0.000323
		1.5	0.993703	0.014257	0.000203
	60	0.5	0.986137	0.035838	0.001284
		1.0	0.985922	0.030629	0.000938
		1.5	0.989831	0.021129	0.000446
	70	0.5	0.989136	0.027945	0.000781
		1.0	0.990868	0.026354	0.000695
		1.5	0.988275	0.031625	0.001000
	80	0.5	0.995184	0.016595	0.000275
		1.0	0.991250	0.025116	0.000631
		1.5	0.990026	0.031591	0.000998
Vega galves Model(60 °C)	50	0.5	0.9883920	0.0289410	0.000838
		1.0	0.9938330	0.0203690	0.000415
		1.5	0.992603	0.0162070	0.000263
	60	0.5	0.982775	0.0418970	0.001755
		1.0	0.985629	0.0324560	0.000105
		1.5	0.989797	0.0221970	0.000493
	70	0.5	0.987874	0.0309650	0.000959
		1.0	0.990314	0.028466	0.00081
		1.5	0.987566	0.034157	0.001167
	80	0.5	0.994077	0.019302	0.000373
		1.0	0.989803	0.028436	0.000809
		1.5	0.988636	0.035363	0.001251

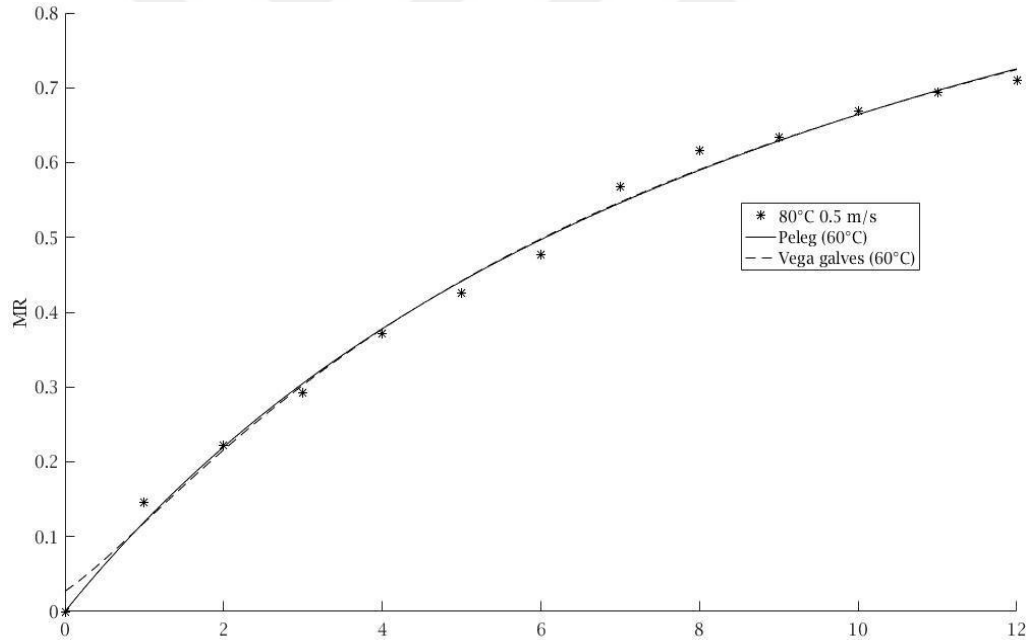
Tablo 4.9' dan rehidrasyon modellerinin, kurutma ve rehidrasyon sıcaklıklarına bağılı olarak değiştiği görülmektedir. 20°C'de rehidre edilmiş örnekler için, farklı kurutma sıcaklık (50, 60,70 ve 80 °C) ve hava hızında (0.5, 1 ve 1.5 m/s) kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışını tanımlayan en uygun modeller, Peleg ve Vega-Gálvez modelleridir (Tablo 4.9). Bu modeller en yüksek $R^2=0.9160-0.9836$, en düşük RMSE (0.0270-0.0493) ve en düşük χ^2 (0.0007-0.0024) değerlerini verdikleri için kurutulmuş kara kuşburnu meyvelerinin rehidrasyon kinetiğini tanımlamak için en uygunlarıdır. Kuru meyvelerinin rehidrasyon davranışları 40 ve 60°C sıcaklıklarda en yüksek R^2 (0.9824-0.9961 ve 0.9827-0.9951), en düşük RMSE (0.012-0.015 ve 0.016-0.041), en düşük χ^2 (0.00016–0.00023 ve 0.00027-0.0017) değerlerine sahip olan Peleg ve Vega-Gálvez modeliyle tanımlanmıştır (Tablo 4.9) Bu bulgular Peleg ve Vega-Gálvez modellerinin kurutulmuş meyvelerin rehidrasyon karakterini en iyi şekilde tanımladığını göstermektedir (Ek 5-16). Bu modellere ait en yüksek R^2 , en düşük RMSE ve en düşük χ^2 değerleri 20°C sıcaklıkta rehidrasyon karakteri için 60 °C ve 1.0 m/s hava hızında, 40°C sıcaklıkta rehidrasyon karakteri için 70 °C ve 1.0 m/s hava hızında, 60°C sıcaklıkta rehidrasyon karakteri için 80°C ve 0.5 m/s hava hızında kurutulan örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.30- 4.32). Elde edilen sonuçlar, bu modelleri çeşitli gıda ürünlerinin rehidrasyon karakterini tahmin etmek için uygulayan önceki çalışmalarla (Benseddik et al., 2019; Dadali et al., 2008; Noshad et al., 2012; Pashazadeh et al., 2020; Rhim et al., 2011; Vega-Gálvez et al., 2009) uyumludur.



Şekil 4.30.60 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin 20 °C' deki rehidrasyon davranışı



Şekil 4.31. 70°C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin 40°C' deki rehidrasyon davranışı



Şekil 4.32. 80°C 0.5 m/s'de kurutulan meyvelerin 60°C' deki rehidrasyon davranışı

4.4. Kurutma Koşullarının Renk Üzerine Etkisi

Meyve ve sebzeler, pigmentler ve uçucu bileşikler başta olmak üzere önemli birçok vitamin, mineral ve diğer biyoaktif bileşikler kaynağıdır. Bu bileşikler, kurutma işlemi sırasında sıcaklık, ışık, zaman ve oksijen gibi birçok değişkene bağlı olarak bozunabilir (Devahastin and Niamnuy, 2010). Kurutulmuş meyve ve sebzelerin doğal rengine benzerliği genel olarak pigmentlerin (karotenoidler, flavonoidler, fenoller,

klorofil ve betalainler gibi) iyi korunduğunun bir işaretidir. Kurutma, çoğu kez nihai üründe önemli renk değişikliğine neden olmaktadır (Koca et al., 2018). Nihai ürünün rengi bir kalite göstergesi olarak kabul edilirse; kurutma koşullarını optimize etmek ve önemli bileşiklerin bozulmasını en aza indirmede renk parametreleri kullanılabilir. Bu nedenle renk ölçümü en basit ve en çok yapılan analizlerdendir. Bu çalışmada, taze ve kurutulmuş kara kuşburnu meyveleri için elde edilen renk değerleri Tablo 4.8' de verilmiştir. Kurutma denemelerinde kuru meyvenin renk özelliklerinin taze meyveye yakın olması istenmektedir. Bu nedenle çalışmada, istatistiksel analiz yapılırken kuru meyvenin renk özellikleri yanında yaş meyvenin renk değerleri de analize dahil edilmiş ve sonuçlar birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 4.8'de görüldüğü gibi kuru kara kuşburnu renk değerleri incelendiğinde; L^* değerleri 25.07-28.26, a^* değerleri 1.30-2.62, b^* değerleri 2.72- 3.32 ve toplam renk farkı değerleri ise 2.53-5.51 arasında bulunmuştur. Taze meyvelerin L^* değeri (30.14) hepsinden yüksek ve b^* değeri (2.10) ise en düşüktür. Kurutulmuş meyvelerin L^* değerlerinde taze meyveye göre düşüş, b^* değerlerinde ise taze meyveye göre yükseliş tespit edilmiştir. Taze meyve ile karşılaştırıldığında; 50 ve 60 °C'de kurutulan örneklerin a^* değerlerinin düştüğü, 70 ve 80 °C'de kurutulan örneklerin a^* değerlerinin ise yükseldiği belirlenmiştir. Toplam renk farkı değerlerine bakıldığında en az değişim 2.53 ile 80 °C ve 1.5 m/s hava hızında kurutulan örneklerde saptanmıştır.

Tablo 4.8. Yaş ve kuru meyvelerin renk değerleri

Sıcaklık (°C)	Hava hızı, m/s	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Taze Meyve		30.14±1.85a	1.79±0.65e	2.10±0.16c	-
50	0.5	26.35±0.41ed	1.30±0.23g	3.27±0.16a	4.36±0.41h
	1.0	25.70±0.16f	1.49±0.31f	3.32±0.04a	4.98±0.16d
	1.5	25.94±0.14fe	1.35±0.01g	3.31±0.17a	4.75±0.18g
60	0.5	25.07±0.55g	1.35±0.17g	2.89±0.01cb	5.51±0.54a
	1.0	25.53±0.24g	1.33±0.28g	2.92±0.12b	5.07±0.24c
	1.5	25.18±0.30g	1.71±0.23e	2.72±0.11cb	5.37±0.31b
70	0.5	26.43±0.38d	1.99±0.34d	2.89±0.21b	4.17±0.38j
	1.0	26.37±0.39ed	2.29±0.53b	2.90±0.11b	4.27±0.42i
	1.5	25.79±0.61f	1.71±0.19e	2.88±0.17cb	4.79±0.56e
80	0.5	26.29±0.55ed	2.26±0.59b	2.95±0.21ba	4.36±0.44h
	1.0	27.60±0.08c	2.06±0.34c	2.90±0.03b	3.04±0.11k
	1.5	28.26±0.36b	2.62±0.06a	2.89±0.05b	2.53±0.33l

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0.05$).

Tablo 4.9’da görüldüğü gibi, farklı kurutma sıcaklığı ve hava hızına sahip grupların L^* , a^* ve b^* değerleri arasında yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre hava sıcaklığı $p<0.05$ düzeyinde farklı bulunmuşken, hava hızı gruplar arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). ΔE değerleri üzerine hem sıcaklık hem de hava hızı etkili olmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.9. Renk üzerine kurutma sıcaklığı ve hava hızının etkisi

	L^*	a^*	b^*	ΔE
Sıcaklık, °C				
50	25.99b	1.38b	3.30a	4.69b
60	25.26c	1.46b	2.84b	5.32a
70	26.20b	2.00a	2.89b	4.41b
80	27.38a	2.31a	2.91b	3.31c
Hava hızı, m/s				
0.5	26.04	1.73	3.00	4.60
1.0	26.30	1.79	3.01	4.34
1.5	26.29	1.85	2.95	4.36

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Elde edilen sıcaklık etkisi sonuçlarına göre, L^* ve a^* değeri en yüksek 80 °C’de sırasıyla 27.38 ve 2.31, en düşük 60 °C’de 25.26 ve 1.46 olarak; b^* değeri ise en yüksek 50 °C’de 3.30 olarak belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklığı ve hava hızının azalması kuruma süresinin uzamasına neden olduğundan L^* ve a^* değerleri azalmış b^* değeri artmıştır. Benzer sonuçlar yapılan diğer kuşburnu kurutma çalışmalarında da (Koyuncu vd., 2003; Ohaco et al., 2005) kaydedilmiştir.

L^* değerinin azalması kurutulmuş meyvenin renginin koyulaştığını göstermekte; a^* değerinin artması örnekte kırmızılığın yoğunlaştığını, b^* değerinin düşmesi ise meyvenin sarılık değerinin düştüğünü ifade etmektedir. L^* , a^* ve b^* değerlerindeki bu değişiklikler, pigmentlerin bozulmasından veya enzimatik olmayan Maillard esmerleşme reaksiyonundan kaynaklanabilmektedir (Dadali et al., 2007a).

En yüksek toplam renk değişimi (ΔE) 5.32 değeri ile 60 °C sıcaklıkta ve 4.60 değeri ile 0.5 m/s hava hızında olurken, en düşük toplam renk değişimi 3.31 değeri ile 80 °C sıcaklıkta ve 4.36 değeri ile 1.5 m/s hava hızında bulunmuştur. Bu sonuçlar, artan kuruma süresiyle, ısıya maruz kalma süresinin arttığını ve renkteki bozulmaları artırdığını göstermektedir (Aral and Beşe, 2016). Hava hızının çok düşük olduğu durumlarda kuruma süresindeki artışın, rengi olumsuz etkilediği bilinmektedir

(Hossain et al., 2007; Xiao et al., 2015). Kaliteli bir son üründe ΔE değerinin düşük olması arzu edilmektedir.

4.5. Meyvelerin Antioksidan Özellikleri

Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan kara kuşburnu örneklerinin toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP ve ABTS değerlerindeki değişim Tablo 4.10'da verilmiştir.



Tablo 4.10. Kurutulmuş meyvelerin antioksidan özellikleri

Sıcaklık (°C)	Hava hızı, m/s	Toplam fenolik madde, mg/g	Toplam antosiyanin, mg/g	DPPH, mmol/g	FRAP mmol/g	ABTS mg/g	C Vitamini mg/g
50	0.5	19.33±1.33g	2.54±0.85c	235.22±6.33c	198.50±5.54g	566.57±10.44d	1.47±0.21f
	1.0	22.59±1.29e	2.52±0.75c	246.73±6.33cb	253.03±0.55fe	489.52±2.98e	1.47±0.14f
	1.5	21.80±0.75f	3.23±0.58cb	251.90±19.55cb	265.58±4.99ed	506.41±20.89e	1.03±0.07g
60	0.5	23.61± 1.45d	3.25±0.01cb	258.80±16.10b	271.07±13.86dc	527.51±11.94ed	1.96±0.02e
	1.0	22.47± 3.85e	3.66±0.10b	258.80±4.61b	287.94±4.43cb	665.78±28.36b	1.91±0.09e
	1.5	27.22±1.61a	4.00±0.80b	265.71±4.60ba	249.10±6.10fe	635.17±14.92cb	2.05±0.10e
70	0.5	26.08±0.71b	3.59±0.18b	254.78±9.77cb	265.19±5.54ed	674.22±4.47b	2.72±0.07dc
	1.0	27.42± 0.31a	4.09±0.31b	267.43±9.78ba	294.22±9.98b	724.89±7.46a	5.42±0.18a
	1.5	27.75±1.34a	5.90±0.35a	285.26±10.35a	302.46±8.32a	745.99±7.50a	5.48±0.09a
80	0.5	24.63± 1.53c	3.76±0.13b	263.40±6.90ba	239.69±4.99f	615.12±10.44c	3.05±0.07c
	1.0	23.45±0.67d	2.38±0.13c	266.28±20.13ba	300.58±8.32a	559.18±22.83d	4.32±0.25b
	1.5	26.40±1.73b	4.10±0.59b	285.30±13.23a	274.60±7.76dc	606.62±16.86c	2.64±0.32d

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Tablo 4.10'dan görüldüğü gibi, kurutulmuş meyvelerin toplam fenolik madde miktarları kuru maddede 19.33-27.75 mg/g, toplam antosiyanin miktarları 2.38-5.90 mg/100g, DPPH değerleri 235.22-285.30 mmol/g, FRAP değerleri 198.50-302.46 mmol/g, ABTS değerleri 489.52-745.99 mg/g ve C vitamini 1.03-5.48 mg/g arasında belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP, ABTS ve C vitamini değerleri kurutma koşullarından önemli derecede etkilenmiştir ($p<0.05$). En yüksek toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP, ABTS ve C vitamini değerleri 70 °C 1.5 m/s hava hızında kurutulan örneklerde saptanmıştır. Biyoaktif bileşiklerin en iyi korunduğu koşulda (70 °C 1.5 m/s) taze meyveye (kuru ağırlıkta) göre kurutmayla toplam fenolik maddede % 34.58, toplam antosiyaninde %64.24, DPPH değerinde %63 ve ABTS değerinde %12.35 ve C vitamininde %28.55 kayıp tespit edilmiştir.

Tablo 4.11'de toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP, ABTS ve C vitamini değerleri üzerine kurutma koşullarının ayrı ayrı etkisi yer almaktadır.

Tablo 4.11. Antioksidan bileşik ve aktivite üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi

Kurutma koşulları	Toplam fenolik madde, mg/g	Toplam antosiyanin, mg/g	DPPH, mmol/g	FRAP mmol/g	ABTS mg/g	C vitamini mg/g
Sıcaklık (°C)						
50	21.24b	2.76c	244.62b	239.03b	520.83c	1.32c
60	24.43a	3.64b	261.10a	269.37ab	609.49b	1.98c
70	24.83a	4.53a	269.16a	276.96a	715.03a	4.54a
80	26.09a	3.41bc	271.84a	287.29a	593.30b	3.34b
Hava hızı, m/s						
0.5	23.41	3.29b	253.05b	243.61b	595.86	2.30
1.0	23.98	3.16b	259.81ab	287.94a	609.84	2.80
1.5	25.04	4.31a	272.18a	272.94a	623.30	3.28

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP, ABTS ve C vitamini değerlerindeki değişim sıcaklığa göre önemli derecede değişmiş ($p<0.05$), hava hızına göre toplam fenolik madde, ABTS ve C vitamini dışındakilerdeki değişim önemli olmuştur ($p<0.05$). Toplam antosiyanin, ABTS ve C vitamini için en yüksek değer 70°C'de kurutulan meyvelerde gözlemlenirken, en düşük değer 50°C sıcaklıkta kurutulanlarda tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde, DPPH ve FRAP için en yüksek değerler 60, 70 ve 80 °C'de, en düşük değerler ise 50 °C'de işlem görmüş örneklerde

belirlenmiştir. Sonuç olarak; 70 °C’de kurutulan meyvelerinin antioksidan özellikleri daha iyi korunmuştur (Tablo 4.11). Literatür incelendiğinde; Pashazadeh vd. (2020) kara kuşburnunu 50,70 ve 90 °C’de konveksiyon kurutma ile kurutmuşlar ve elde edilen sonuçlara göre 70 °C’de kurutulan meyvelerin, en yüksek toplam fenolik madde, toplam antosiyanin ve antioksidan aktivite (DPPH serbest radikalini giderme etkisi ve FRAP) değerlerine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada, kırmızı biber örnekleri konvektif kurutma ile 50, 60, 70, 80 ve 90 °C sıcaklık ve 2 m/s hava hızında kurutulmuş, sıcaklık yükselmesiyle toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktivitelerinde artış tespit edilmiştir (Vega-Galvez et al., 2009). Al-Farsi vd. (2005), Umman’da yetişen 3 tip hurmayı güneşte kurutmuş ve kurutmayla toplam fenolik madde ve fenolik asitlerin önemli seviyede arttığını saptamışlardır. Bu artışın ısı etkisi ile fenolik bileşiklerin yapısının bozulması sonucu yeni bileşiklerin ortaya çıkması ile ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, *R. canina* ve *R. dumalis*’in en yüksek antioksidan özellikleri 50 ile 70°C arasında değişen sıcaklıklarında kurutulan meyvelerde tespit edilmiştir (Gao et al., 2005). 50°C’de düşük değerler eldesinin nedeni, kurutma sıcaklığındaki azalmayla beraber kurutma süresinin artışına dolayısıyla kurutma havasına daha uzun süre maruz kalmanın biyoaktif bileşikler üzerindeki olumsuz etkisine bağlanabilir (Koca et al., 2009). Bu durum, enzimatik reaksiyonlar veya serbest su içeriği ile birlikte yüksek sıcaklığın bazı fenolik maddelerin yapısını bozabileceği gerçeğiyle ilişkili de olabilir (Erbay and Icier, 2009ab; Nicoli et al., 1999). Antosiyaninler ısıya duyarlı olmalarına rağmen, en düşük 50 °C’de tespit edilmiştir (Tablo 4.11). Bu düşük toplam antosiyanin değeri, 50°C’de 2700 dakikaya kadar süren uzun ısıtma süresi ilişkili olabilir. Diğer polifenollerle birlikte antosiyaninler, polifenol oksidaz tarafından enzimatik olarak parçalanır. Bu enzim, 50°C’de aktiftir. 50 °C’nin biraz üzerinde hafif ısıtma ile inaktive edilebilir ve bu da antosiyanin kaybının azalmasına olumlu etki yapabilir (Patras et al., 2010). Daha önceki çalışmalarda, siyah havuçtan elde edilen antosiyaninlerin, 70 ile 90°C arasında değişen sıcaklıklarda ısıtıldığında neredeyse sabit kaldığı bildirilmiştir (Kırca et al., 2006; Rhim, 2002). Adı geçen çalışmada, 80 °C’de düşük toplam antosiyanin değeri belirlenmiş, nedeni termal bozulmaya bağlanmıştır. Literatürdeki bilgiler bulgularımızı desteklemektedir.

C vitamini ile ilgili çalışmalara bakıldığında; Erenturk vd. (2005) kuşburnunu 50,60,70, 80 °C sıcaklıklarda, 1.67 m/s hava hızında ve 0.005 kg nemli/kg kuru hava

mutlak neminde konveksiyon kurutma ile kurutmuşlar, en yüksek C vitaminine 70 °C’de kurutulan meyvelerin, en düşük C vitaminine ise 50 °C’ de kurutulan örneklerin sahip olduğunu saptamışlardır. Benzer sonuçlar yaban mersini kurutulması sırasında da tespit edilmiştir (Parveez ve Alibas, 2021). 50 °C’de düşük değerler belirlenmesinin nedeni kurutma sıcaklığındaki azalmayla beraber kurutma süresinin artışına, dolayısıyla kurutma havasına daha uzun süre maruz kalmanın biyoaktif bileşikler üzerindeki olumsuz etkisine bağlanabilir. Ayrıca eğer askorbik asit uzun süre oksijenli ve nemli ortmada bekletilirse kolayca oksitlenir ve oksidasyon işlemi dehidroaskorbik asit aşamasının ötesinde devam ederse, geri döndürülemez hale gelebilir. Bu olay C vitamininin azalmasına sebep olabilir (Koca et al., 2009)

Farklı hava hızlarında kurutma, kara kuşburnu meyvesinin toplam antosiyanin, DPPH, FRAP değerleri arasında önemli derecede farklılığa sebep olurken ($p<0.05$), toplam fenolik madde, ABTS ve C vitamini değerleri arasında farklılığa yol açmamıştır ($p<0.05$). Toplam antosiyanin ve DPPH için en yüksek değerler 1.5 m/s, en düşük değerler 0.5 m/s hava hızında kurutulanlarda elde edilmiştir. FRAP analizi sonuçlarına bakıldığında; en yüksek değerlerin 1 ve 1.5 m/s hava hızında, en düşük değerlerin ise 0.5 m/s hava hızında kurutulanlarda belirlendiği görülmektedir.

4.5.1. Taze ve Kuru meyvelerin Bireysel Fenolik Bileşiklerindeki Değişim

Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan kara kuşburnu meyvelerinin bireysel fenolik bileşik dağılımı Tablo 4.12’de verilmiştir.

Gıda işleme teknikleri, meyve ve sebze fenolik bileşiklerinin muhafazasında pozitif, nötr ve negatif değişikliklere neden olabilir (Valadez-Carmona et al., 2017). Bu çalışmada görüldüğü gibi, kurutma süresince meyvelerin bireysel fenolik kompozisyonu değişmiştir (Tablo 4.12). Bir kısım fenolik bileşiklerin miktarı artarken bir kısmı sabit kalmıştır. Kara kuşburnunda LC-MS/MS analizi sonucunda, 13 ana fenolik bileşik tanımlanmıştır. Kuru meyvelerde kateşin 485.54-1100.05 mg/kg, klorojenik asit 4.49-7.10 mg/kg, epikateşin 51.21-172.47 mg/kg, fumarik asit 2.27-20.81 mg/kg, gallik asit 7.31-17.27 mg/kg, gentistik asit 0.32-1.60 mg/kg, narijenin 0.49-4.29 mg/kg, *p*-kumarik asit 2.61-6.88 mg/kg, protokateşuik asit 11.56-38.45 mg/kg, kersetin 9.55-35.04 mg/kg, kersetin-3-glukozit 36.56-59.38 mg/kg, rutin 14.63-26.00 mg/kg, tannik asit 2.46-18.60 mg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, kurutulmuş meyvelerde daha yüksek miktarda fenolik bileşik tespit edildiğinden, sıcak havayla kurutmanın kara kuşburnu meyvelerinin fenolik bileşikleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonucun nedeni olarak termal ve termal olmayan kurutma uygulamasının biyoaktif bileşiklerin korunmasını destekleyebileceği, birincil olarak bağlı formda bulunan ve hücre duvarlarına bağlı bileşiklerin salınmasına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Sonuçların önceki çalışmalarda elde edilenlerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Asami et al., 2003; Gao et al., 2012).Yapılan çalışmalar incelendiğinde; Pashazadeh vd. (2020) kara kuşburnunun kurutulmasını optimize ettikleri çalışmada, kurutulmuş meyvelerde kateşin, epikateşin, kersetin-3-glukozit, protokateşik asit, fumarik asit, gallik asit, klorojenik asit, tanik asit, p-kumarik asit, rutin, naringenin ve kersetinin taze meyveye göre belli ölçüde yükseldiğini tespit etmişlerdir. Dewanto et al. (2002), benzer sonuçları 115 °C’de 10, 25 ve 50 dakika kurutulmuş mısırdan bildirmişlerdir. Ayrıca, Esparza-Martínez vd. (2016) ve Valadez-Carmona vd. (2017) 120°C ve 60 °C’de gerçekleştirilen kurutma işlemleri sonunda sırasıyla mandalina atığının ve kakaonun fenolik bileşenlerinde artış belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Zannou vd. (2021), güz yemişi meyvelerinin fenolik bileşiklerinin, 80 °C ve 1 m/s’de 180 dakika boyunca konvektif sıcak havayla kurutulduktan sonra önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir. Sonuçların, bu araştırmacıların bulgularıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Shih vd.(2009) kurutmaya birlikte hücre yapısının zarar gördüğünü antioksidan bileşiklerin daha iyi ekstrakte olduğunu dolayısıyla sıcak havayla kurutmada fenolik bileşiklerin artış gösterebileceğini bildirmişlerdir. Farklı görüş olarak, konvektif kurutmaya fenolik bileşiklerin azalabileceği (Asami et al., 2003), bunun da serbest fenolik bileşiklerin kaybı ve oksidasyonu sonucu gelişebileceği (Sun et al., 2014) bildirilmiştir.

Tablo 4.12. Bireysel fenolik bileşikler üzerine kurutma hız ve sıcaklığının etkisi (mg/kg, k.m.de)

Sıcaklık (°C)	Hava hızı m/s	Kateşin		Klorojenik asit		Epikateşin		Fumarik asit		Gallik asit	
		RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons
Yaş meyve	0	11.37±0.1	612.94±5.09	14.78±0.01	11.46±0.0	18.13±0.01	42.78±0.52	3.14±0.00	1.76±0.02	4.18±0.01	9.38±0.20
50	0.5	10.98±0.01	485.54±40.8f	14.34±0.12	7.10±0.10a	17.33±0.01	51.21±1.35ı	3.27±0.02	20.81±1.08a	4.08±0.02	14.85±0.26b
	1.0	10.99±0.00	1073.17±79.6a	14.27±0.01	5.59±0.00ed	17.35±0.10	102.63±1.71e	3.28±0.00	12.41±0.07b	4.09±0.00	15.03±0.04b
	1.5	11.00±0.02	842.37±19.71cb	14.26±0.00	5.54±0.04e	17.40±0.00	94.54±0.16f	3.25±0.00	12.49±0.17b	4.05±0.00	10.70±0.05g
60	0.5	11.04±0.01	863.00±26.23cb	14.31±0.00	4.49±0.03h	17.49±0.01	110.16±0.36d	3.27±0.01	7.92±0.08d	4.09±0.01	13.15±0.01d
	1.0	10.93±0.01	807.18±17.11c	14.19±0.03	4.69±0.03hg	17.32±0.07	96.03±0.12f	3.23±0.00	9.40±0.02c	4.04±0.00	12.35±0.27e
	1.5	10.91±0.01	724.49±12.44d	14.18±0.00	5.95±0.36cb	17.30±0.00	80.17±1.74h	3.22±0.01	8.23±0.06d	4.03±0.00	11.25±0.15f
70	0.5	11.06±0.00	885.27±23.85b	14.31±0.01	6.90±0.05a	17.56±0.02	114.98±0.77c	3.27±0.00	7.05±0.06e	4.10±0.00	7.31±0.04j
	1.0	11.08±0.00	808.45±19.82c	14.32±0.00	5.27±0.06f	17.58±0.00	112.73±2.13dc	3.05±0.28	6.09±0.10f	4.09±0.00	12.69±0.42e
	1.5	11.06±0.01	1100.05±25.8a	14.10±0.30	4.79±0.07g	17.60±0.00	172.47±2.31a	2.79±0.01	3.92±0.08g	4.08±0.00	9.37±0.07ı
80	0.5	11.09±0.00	565.48±0.58e	14.33±0.00	6.18±0.09b	17.61±0.00	86.51±0.50g	3.2485±0.01	9.02±0.04c	4.09±0.00	10.01±0.05h
	1.0	11.10±0.00	789.33±37.56dc	14.35±0.01	5.85±0.02dc	17.62±0.04	131.41±1.04b	2.8165±0.01	3.79±0.00g	4.10±0.00	14.12±0.04c
	1.5	11.09±0.01	803.56±13.25c	14.30±0.01	5.76±0.01edc	17.59±0.00	134.22±2.58b	2.78±0.01	2.27±0.12h	4.10±0.00	17.27±0.26a

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Sıcaklık (°C)	Hava hızı m/s	Gentistik asit		Narijenin		p-kumarik asit		Protokateşuik asit		Kersetin	
		RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons
Yaş meyve	0	11.94±0.00	0.00	60.49±0.01	0.67±0.01	24.30±0.01	0.91±0.00	7.33±0.00	3.86±0.03	61.09±0.001	10.59±0.05
50	0.5	11.14±0.06	1.60±0.00a	58.33±0.16	4.29±0.12a	23.36±0.01	6.88±0.13a	6.88±0.00	38.45±0.38a	61.47±0.19	35.04±0.65b
	1.0	11.25±0.02	1.50±0.01b	58.43±0.01	2.77±0.08b	23.38±0.00	6.11±0.04b	6.99±0.14	21.76±0.04b	61.55±0.00	41.05±0.59a
	1.5	11.21±0.00	1.34±0.02c	58.38±0.05	2.16±0.02c	23.41±0.00	4.80±0.13c	6.86±0.00	20.41±0.05c	61.51±0.07	28.31±0.34c
60	0.5	11.26±0.00	0.91±0.00f	58.54±0.05	1.36±0.05e	23.45±0.01	3.82±0.04fe	7.12±0.01	20.18±0.19	61.69±0.12	22.31±0.41d
	1.0	11.11±0.06	1.23±0.01d	58.15±0.13	1.51±0.00d	23.28±0.05	3.78±0.02fe	6.93±0.17	18.78±0.06	61.26±0.13	20.60±0.10d
	1.5	11.06±0.01	0.76±0.00g	58.20±0.05	0.88±0.09f	23.26±0.01	3.74±0.08f	6.79±0.00	15.08±0.14	61.36±0.09	14.42±2.53e
70	0.5	11.18±0.00	1.02±0.00e	58.72±0.04	0.70±0.00g	23.43±0.00	2.64±0.00i	6.88±0.00	15.69±0.00	61.91±0.03	14.14±0.01e
	1.0	10.98±0.20	0.37±0.00ı	58.76±0.01	0.60±0.00hg	23.47±0.01	2.61±0.00i	6.87±0.01	15.40±0.08	62.00±0.08	11.51±0.04hg
	1.5	11.13±0.00	0.52±0.00h	58.76±0.09	0.49±0.00h	23.50±0.00	3.42±0.00g	6.88±0.01	11.56±0.00	61.93±0.08	9.55±0.05h
80	0.5	11.16±0.02	0.53±0.00h	58.76±0.03	0.72±0.05g	23.45±0.00	3.21±0.02h	6.87±0.01	15.18±0.03	56.95±7.03	13.53±2.08gfe
	1.0	11.12±0.00	0.35±0.00j	58.91±0.07	0.70±0.01g	23.49±0.00	4.32±0.02d	6.38±0.68	16.35±0.01	62.14±0.12	13.84±0.08e
	1.5	11.12±0.02	0.32±0.00k	58.76±0.01	0.61±0.02hg	23.45±0.01	3.90±0.00e	6.87±0.00	16.88±0.03	62.00±0.02	11.71±0.03hgf

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Sıcaklık (°C)	Hava hızı m/s	Kersetin-3-glukozit		Rutin		Tannik asit	
		RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons	RT(dk)	Kons
Yaş meyve	0	39.41±0.00	30.99±1.26	39.00±0.00	25.13±0.04	11.60±0.00	5.22±0.05
50	0.5	38.45±0.02	39.59±2.97d	38.55±0.00	25.53±0.84a	11.06±0.02	18.60±0.46a
	1.0	38.48±0.02	48.03±2.40b	38.56±0.03	26.00±0.02a	11.11±0.02	11.86±0.08b
	1.5	38.50±0.02	59.38±5.91a	38.612±0.02	21.65±0.11edbc	11.10±0.02	10.56±0.01c
60	0.5	38.55±0.00	48.03±2.36b	38.62±0.00	22.03±0.32cba	11.18±0.00	5.70±0.03e
	1.0	38.38±0.07	50.35±3.04b	38.45±0.05	23.30±0.39cba	11.07±0.041	6.89±0.01d
	1.5	38.39±0.00	49.32±0.17b	38.45±0.00	23.47±0.16ba	11.06±0.00	4.65±0.06f
70	0.5	38.61±0.01	41.08±4.16de	38.68±0.00	22.30±3.10dcb	11.15±0.03	3.87±0.02g
	1.0	38.68±0.00	36.56±0.07d	38.76±0.00	19.98±0.55ed	11.07±0.09	3.62±0.03g
	1.5	38.66±0.03	38.17±0.34d	38.76±0.03	14.63±0.02f	11.09±0.01	2.46±0.00i
80	0.5	38.64±0.02	41.75±1.71de	38.72±0.02	20.53±2.48edb	11.20±0.01	3.77±0.00g
	1.0	38.71±0.01	46.85±0.27cb	38.77±0.012	19.27±0.51e	11.15±0.02	3.14±0.01h
	1.5	38.63±0.02	49.36±0.69b	38.71±0.03	15.21±0.25f	11.15±0.00	2.92±0.01h
Toplam		Meyve	855.97	Kurumuş	1065.89		

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Elde edilen verilerden yola çıkılarak yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda; hava hızı, sıcaklığı ve bunların interaksyonu $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.13-4.14). Analiz sonuçlarına göre; en yüksek kateşin ve epikateşin 70 °C, 1.5 m/s hava hızında tespit edilmiştir. Tablo 4.12'den görüldüğü gibi yaş ve kuru meyveler kateşinlerce zengin olup, kateşin ve epikateşin dominant fenolik bileşiklerdir. Kateşinler en güçlü antioksidan bileşiklerdir. Yine meyveler, güçlü antioksidan olan kersetin ve kersetin 3-glukozitin önemli kaynağıdır. Bu ana fenolik bileşikler biyolojik olarak aktiftir ve insan sağlığı üzerinde birçok faydalı etkiye sahiptir. Kateşin ve türevleri, antioksidan, antikanser, anti-obezite ve hipolipidemik etkiler gibi biyolojik etkilere sahiptirler (Demir et al., 2011). Klorojenik asit, fumarik asit, gallik asit, gentistik asit, narijenin, p-kumarik asit, protokateşuik asit, kersetin, kersetin-3-glukozit, rutin ve tannik asit için en yüksek değerleri 50°C ve 0.5m/s ile işlem görmüş örnekte belirlemiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.13. Bireysel fenolik bileşikler üzerine kurutma hızının etkisi

No	Fenolik bileşikler	Hava hızı m/s		
		0.5	1.0	1.5
		Miktar, mg/kg		
1	Kateşin	699.82	869.53	867.62
2	Klorojenik asit	6.17a	5.36b	5.51ba
3	Epikateşin	90.71	110.70	120.35
4	Fumarik asit	11.2	7.92	6.72
5	Gallik asit	11.33	13.55	12.15
6	Gentistik asit	1.02	0.86	0.74
7	Narijenin	1.77	1.40	1.04
8	p-kumarik asit	4.14	4.21	3.97
9	Protokateşuik asit	22.38	18.07	15.98
10	Kersetin	21.26	21.75	16.00
11	Kersetin-3-glukozit	42.61	45.44	49.06
12	Rutin	22.60a	22.14a	18.74b
13	Tannik asit	7.98	6.38	5.15

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Farklı hava hızlarında kurutma, meyvelerin klorojenik asit ve rutin içerikleri hariç diğer bileşikler üzerine etkili olmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.13). Kurutma sıcaklığının ise tüm bireysel fenolik bileşikler üzerine etki ettiği ($p<0.05$) görülmektedir (Tablo 4.14). Elde edilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre kateşin ve epikateşin için en yüksek değerler sırasıyla 931.25 ve 133.40 mg/kg ile 70 °C'de işlem görmüş örnekte belirlenmiştir. En yüksek değerler klorojenik asit için 6.08 mg/kg, fumarik asit için 15.23 mg/kg, gallik asit için 13.53 mg/kg, gentistik asit için 1.48

mg/kg, narijenin için 3.08 mg/kg, p-kumarik asit için 5.93 mg/kg, protokateşuik asit için 26.88 mg/kg, kersetin için 34.80 mg/kg, kersetin-3-glukozit için 49.00 mg/kg, rutin için 24.39 mg/kg ve tannik asit için 13.67 mg/kg olarak düşük sıcaklıkta (50 °C) saptanmıştır.

Tablo 4.14. Bireysel fenolik bileşikler üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

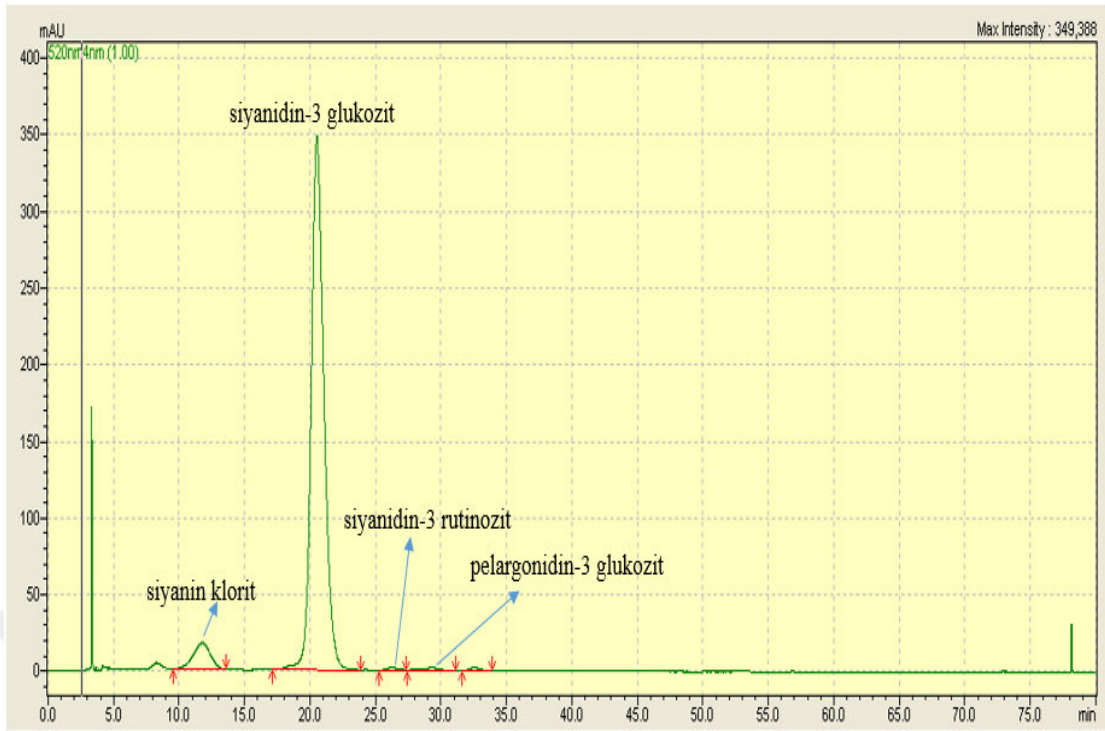
		Sıcaklık (°C)			
		50	60	70	80
No	Fenolik bileşikler	Miktar, mg/kg			
1	Kateşin	800.36b	798.22b	931.25a	719.46c
2	Klorojenik asit	6.08a	5.05b	5.65ba	5.93ba
3	Epikateşin	82.80c	95.46cb	133.40a	117.39ba
4	Fumarik asit	15.23a	8.51b	5.68b	5.02b
5	Gallik asit	13.53a	12.25ba	9.79b	13.80a
6	Gentistik asit	1.48a	0.96b	0.64c	0.40c
7	Narijenin	3.08a	1.25b	0.60c	0.67cb
8	p-kumarik asit	5.93a	3.78b	2.89c	3.81b
9	Protokateşuik asit	26.88a	18.02b	14.21b	16.14b
10	Kersetin	34.80a	19.11b	11.73c	13.05c
11	Kersetin-3-glukozit	49.00a	49.23a	38.60b	45.99a
12	Rutin	24.39a	22.93a	18.97b	18.34b
13	Tannik asit	13.67a	5.74b	3.32b	3.28b

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

4.5.2. Taze ve Kuru Meyvelerin Antosiyanin Profilindeki Değişim

Farklı sıcaklık ve hava hızında konvektif olarak kurutulan kara kuşburnu örneklerinin bireysel antosiyanin dağılımı Tablo 4.15'te, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Tablo 4.16'da verilmiştir.

Çalışmada, 4 antosiyanin (siyanin klorit, siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit, pelargonidin-3 glukozit), saf standartları olduğu için tanımlanabilmiştir (Şekil 4. 33). Tablo 4.15' ten de görüldüğü gibi yaş ve kuru meyvelerde dominant pigment siyanidin-3 glukozittir. Kara kuşburnu meyvelerinde, ayrıca fazla miktarda siyanin klorite de rastlanmıştır.



Şekil 4.33. Kara kuşbunu meyvesinden elde edilen bireysel antosiyaninlerin HPLC kromatogramı

Benzer şekilde Odabaş ve Koca (2020), Odabaş ve Koca (2021) yaptıkları çalışmada, *Rosa pimpinellifolia* L. meyvelerinde dominant antosiyanin olarak siyanidin-3glukozit belirlemişlerdir. Novruzov (2005) yaptığı bir çalışmada, *Rosa* türlerinin pigment bileşiklerini kromatografik olarak belirlemiş ve *Rosa spinosissima* (*Rosa pimpinellifolia*)’da yüksek miktarda antosiyanin siyanidin-3-glikozit, siyanidin-3,5-diglikozit ve peonidin-3-glikozit bulunduğunu belirtmiştir. Kurutma süresince meyvelerin antosiyanin bileşiklerinin kompozisyonu değişmiştir. Bir kısım bileşiklerin miktarı azalırken, bir kısmı sabit kalmıştır. Yapılan analizler sonucunda taze meyvelerde daha yüksek miktar siyanin klorit (1148.95 mg/kg), siyanidin-3 glukozit (12519 mg/kg), siyanidin-3 rutinozit (51.74 mg/kg)ve pelargonidin-3 glukozit (79.05 mg/kg) bileşiklerinin bulunduğu ve bu değerlerde kurutmadan sonra optimum noktaya (70 °C 1.5 m/s) göre kayıplar sıra ile %65.57,%80, %42 ve %89.87 olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde, Polat vd. (2022), 5 farklı kurutma yöntemiyle kurutulan siyah havucun antosiyanin bileşiklerinin kompozisyonunu araştırmışlar ve kurutma işlemi sonucunda antosiyanin bileşiklerin taze meyveye göre azaldığını rapor etmişlerdir. Antosiyaninlerin bozunmasının temel nedeni; artan oksidasyon reaksiyonlarına ve termal işlemin bir sonucu olarak kovalent bağların parçalanmasına bağlanmıştır. Dehidrasyon sırasında antosiyaninler, aldehytler ve benzoik asit yan

ürünleri daha küçük moleküllere dönüştürülebilir (Zorić et al., 2014). Bu çalışmada belirlenen sonuçlar da tüm bu olaylarla açıklanabilir.



Tablo 4.15. Kurutma sırasında bireysel antosiyaninlerdeki değişim (mg/kg, k.m.de)

Sıcaklık (°C)	Hava hızı m/saat	Siyanin klorit		Siyanidin-3 glukozit		Siyanidin-3 rutinozit		Pelargonidin-3 glukozit	
		RT(dak)	Kons(ppm)	RT(dak)	Kons(ppm)	RT(dak)	Kons(ppm)	RT(dak)	Kons(ppm)
Yaş meyve		12.50±0.00	1148.95±51.07	21.80±0.01	12519±369.02	25.30±0.04	51.74±4.19	27.40±0.00	79.05±4.90
50	0.5	12.55±0.00	227.62±10.29e	21.92±0.08	1014.31±14.47g	25.48±0.00	12.91±0.47g	27.52±0.00	3.47±0.18dc
	1.0	12.51±0.01	186.72±9.30f	21.89±0.00	906.00±0.64h	25.41±0.05	17.18±0.29e	27.51±0.01	2.75±0.16d
	1.5	12.61±0.00	250.34±1.89e	21.76±0.05	1563.20±8.84e	25.35±0.00	16.08±0.33fe	27.40±0.00	5.47±0.68b
60	0.5	12.68±0.00	304.91±6.71d	21.770±0.01	2240.96±57.25b	25.36±0.00	29.16±0.96a	27.39±0.01	6.19±0.46b
	1.0	12.40±0.02	379.68±8.77ba	21.616±0.00	2391.22±99.36a	25.24±0.01	20.91±0.68c	27.33±0.02	8.93±0.64a
	1.5	12.33±0.00	377.80±10.40ba	21.630±0.00	2249.72±4.99b	25.23±0.01	20.47±0.65dc	27.28±0.01	6.28±0.23b
70	0.5	12.54±0.00	342.98±16.85c	21.663±0.01	1851.90±36.85c	25.32±0.00	26.53±0.98b	27.29±0.00	3.80±0.02c
	1.0	12.53±0.00	368.93±17.85b	21.673±0.00	1674.69±17.85d	25.29±0.00	17.38±1.15e	27.27±0.03	3.67±0.12c
	1.5	12.60±0.00	395.58±13.95a	21.733±0.07	2473.69±33.12a	25.34±0.00	29.95±0.60a	27.37±0.01	8.00±0.15a
80	0.5	12.55±0.01	362.96±1.08cb	21.758±0.00	1638.99±16.71ed	25.39±0.00	18.16±1.10ed	27.52±0.00	4.04±0.07c
	1.0	12.39±0.00	292.10±1.86d	21.806±0.02	1472.33±6.34f	25.35±0.07	17.51±1.24e	27.42±0.00	3.16±0.57dc
	1.5	12.41±0.01	369.12±10.07b	21.654±0.00	1667.06±39.05d	25.34±0.02	14.06±2.84gf	27.44±0.00	3.82±0.15c

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Tablo 4.16'da verildiği gibi, kara kuşburnuların siyanin klorit, siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit ve pelargonidin-3 glukozit miktarlarında kurutmaya önemli değişiklikler olmuştur ($p<0.05$). En yüksek siyanidin-3 glukozit (2473.69 ± 33.12 ppm) ve siyanin klorit (395.58 ± 13.95 ppm), siyanidin-3 rutinozit (29.95 ± 0.60 ppm) ve pelargonidin-3 glukozit (8.00 ± 0.15 ppm) 70 °C ve 1.5 m/s kurutmaya tabi tutulanlarda saptanmıştır. Siyanin klorit içeriği en yüksek 70 °C'de, en düşük ise 50 °C'de bulunmuştur. Siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit ve pelargonidin-3 glukozit ise en yüksek 60 ve 70 °C'lerde bulunmuştur. Bireysel antosiyaninler üzerine sıcaklık önemli derecede ($p<0.05$) etkili olurken, hava hızı etkili olmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.16. Bireysel antosiyaninler üzerine sıcaklık ve hava hızının etkisi (ppm)

	Siyanin klorit	Siyanidin-3 glukozit	Siyanidin-3 rutinozit	Pelargonidin-3 glukozit
Sıcaklık, °C				
50	221.56b	1161.17c	15.39b	3.89b
60	354.13a	2293.97a	23.51a	7.13a
70	369.16a	2000.09a	24.62a	5.16a
80	341.39a	1592.79b	16.57b	3.67b
Hava hızı, m/s				
0.5	309.62	1686.54	21.69	4.37
1.0	306.88	1611.06	18.25	4.62
1.5	348.21	1988.42	20.14	5.90

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

En düşük bireysel antosiyaninler, 50 ve 80°C'lerde tespit edilmiştir. Bu düşük bireysel antosiyaninlerin 80°C'deki sıcaklıkta ısıya aşırı duyarlı oldukları düşünülmekte olup, ilgili çalışmalara bakıldığında; Bustos vd. (2018), konvektif kurutma ile üç sıcaklıkta (50, 65 ve 130°C) 4 farklı meyveyi (siyah frenk üzümü, kırmızı frenk üzümü, ahududu ve böğürtlen) kurutmuşlar ve bireysel antosiyanin miktarının yüksek sıcaklıklarda düştüğünü tespit etmişlerdir. Méndez-Lagunas vd. (2017), yüksek sıcaklıklarda kurutma işlemlerinin çilek ve yaban mersinin antosiyanin içeriğinde bir azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. Aynı şekilde Patras vd. (2010), ısıtma işleminin sıcaklığı ve süresinin yaban mersinlerinin antosiyanin stabilitesi üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu saptamışlardır. 50°C'de işlem görmüş örneklerin antosiyanin bileşiklerinin kompozisyonun ısıtma süresi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Düşük sıcaklıkta antosiyaninlerin, polifenol oksidaz (PPO) varlığında enzimatik olarak parçalandığı ve fenolik madde oksidasyonuna yol açan bu enzimlerin aktiviteleri artan sıcaklıkla azalabildiği bildirilmiştir (Patras et al., 2010).

4. 6. Kurutmanın Büzüşme Üzerine Etkisi

Tepsili kurutucu ile dört farklı sıcaklıkta (50, 60, 70 ve 80 °C) ve üç farklı hava hızında (0.5, 1.0 ve 1.5 m/s) kurutulan kuşburnu örneklerinde kurutma işlemi ile gerçekleşen büzüşme değerleri Tablo 4.17’de verilmiştir. Büzüşme daha önce de ifade edildiği gibi, projeksiyon alan yöntemi kullanılmıştır. Bu nedenle tabloda ayrıca meyvelerin alanlarına da yer verilmiştir.

Tablo 4.17. Kuru meyvelerin büzüşme değeri

		Projeksiyon Alan Ölçümü (cm ²)	Büzüşme (%)
Taze meyve	Hava hızı(m/s)	0.166 ±0.04	-----
50 °C	0.5	0.061±0.00	63.22±1.40a
	1.0	0.056±0.00	65.93±0.84a
	1.5	0.053±0.00	67.93±1.54a
60 °C	0.5	0.076±0.00	53.99±2.90b
	1.0	0.062±0.00	62.44±1.54a
	1.5	0.056±0.00	65.93±2.74a
70 °C	0.5	0.055±0.00	66.64±3.41a
	1.0	0.058±0.00	64.67±7.01a
	1.5	0.061±0.00	63.28±2.2a
80 °C	0.5	0.054±0.00	67.28±1.16a
	1.0	0.058±0.00	64.76±1.35a
	1.5	0.058±0.00	65.02±1.83a

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Tablo 4.17’de görüldüğü üzere, kara kuşburnu meyvelerinin alan değerleri kurutma işlemi ile azalmıştır. Meyveler kurutmayla birlikte büzüşmeye uğramıştır ki bu beklenen bir durumdur. En fazla büzüşme 50 °C 1.5 m/s’ de, en az büzüşme ise 60 °C 0.5 m/s’ de gerçekleşmiştir (Tablo 4.17). Büzüşme üzerine kurutma sıcaklıklarının etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olurken, hava hızlarının etkisi önemli bulunmamıştır (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Büzüşme üzerine sıcaklık ve hava hızının etkisi

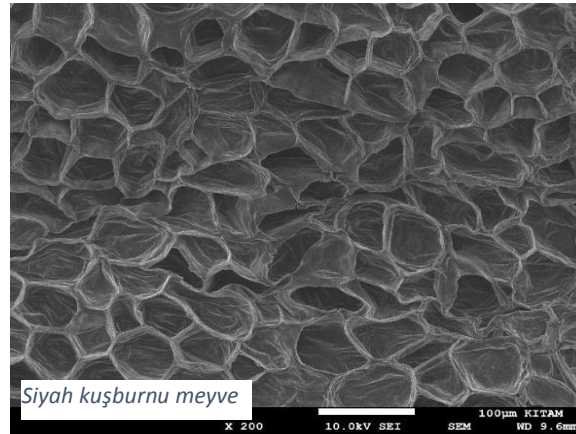
	Büzüşme(%)
Sıcaklık, °C	
50	65.79a
60	60.79b
70	66.13a
80	65.69a
Hava hızı, m/s	
0.5	62.78
1.0	65.40
1.5	65.54

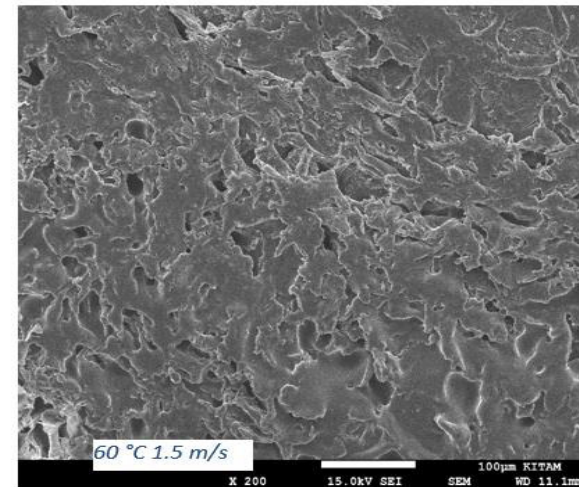
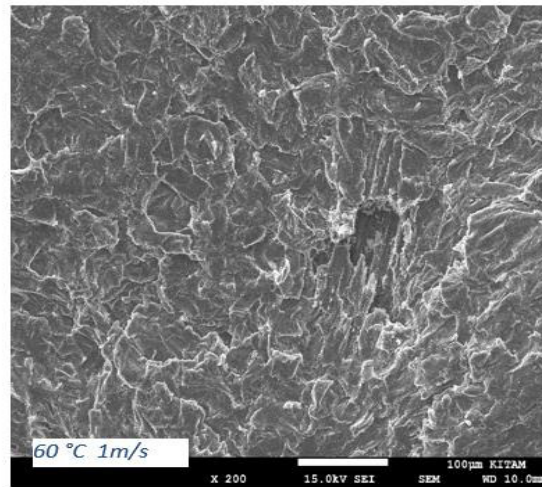
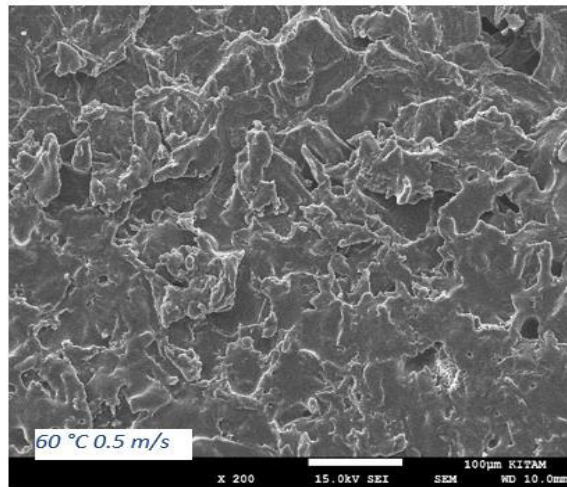
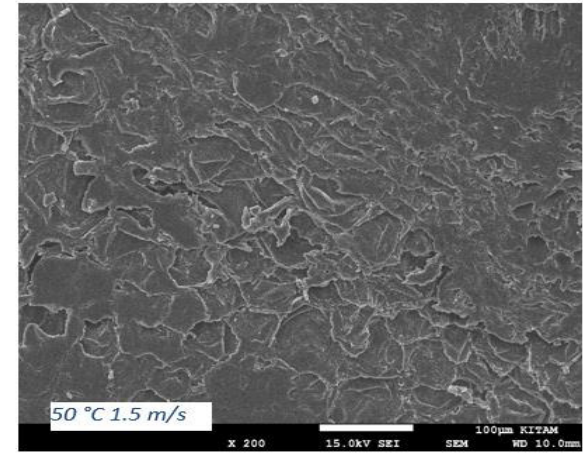
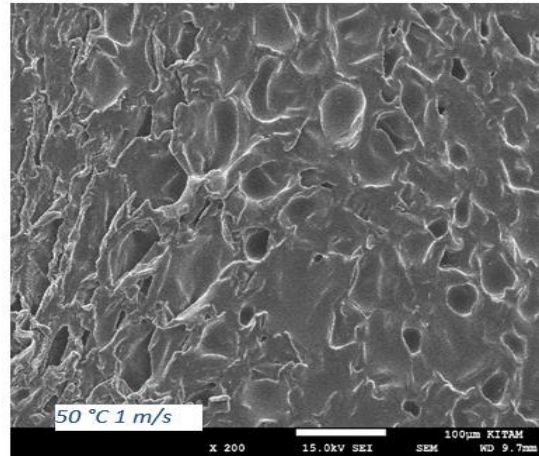
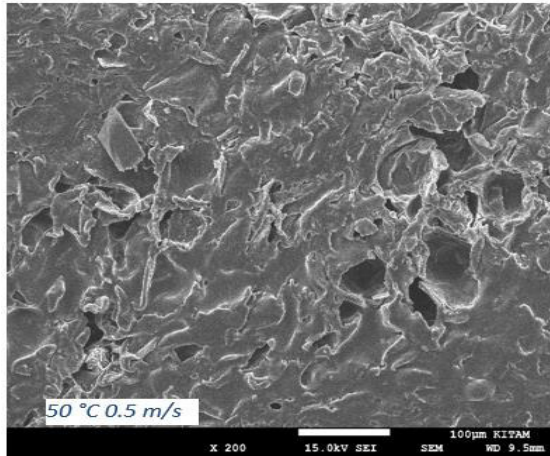
* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

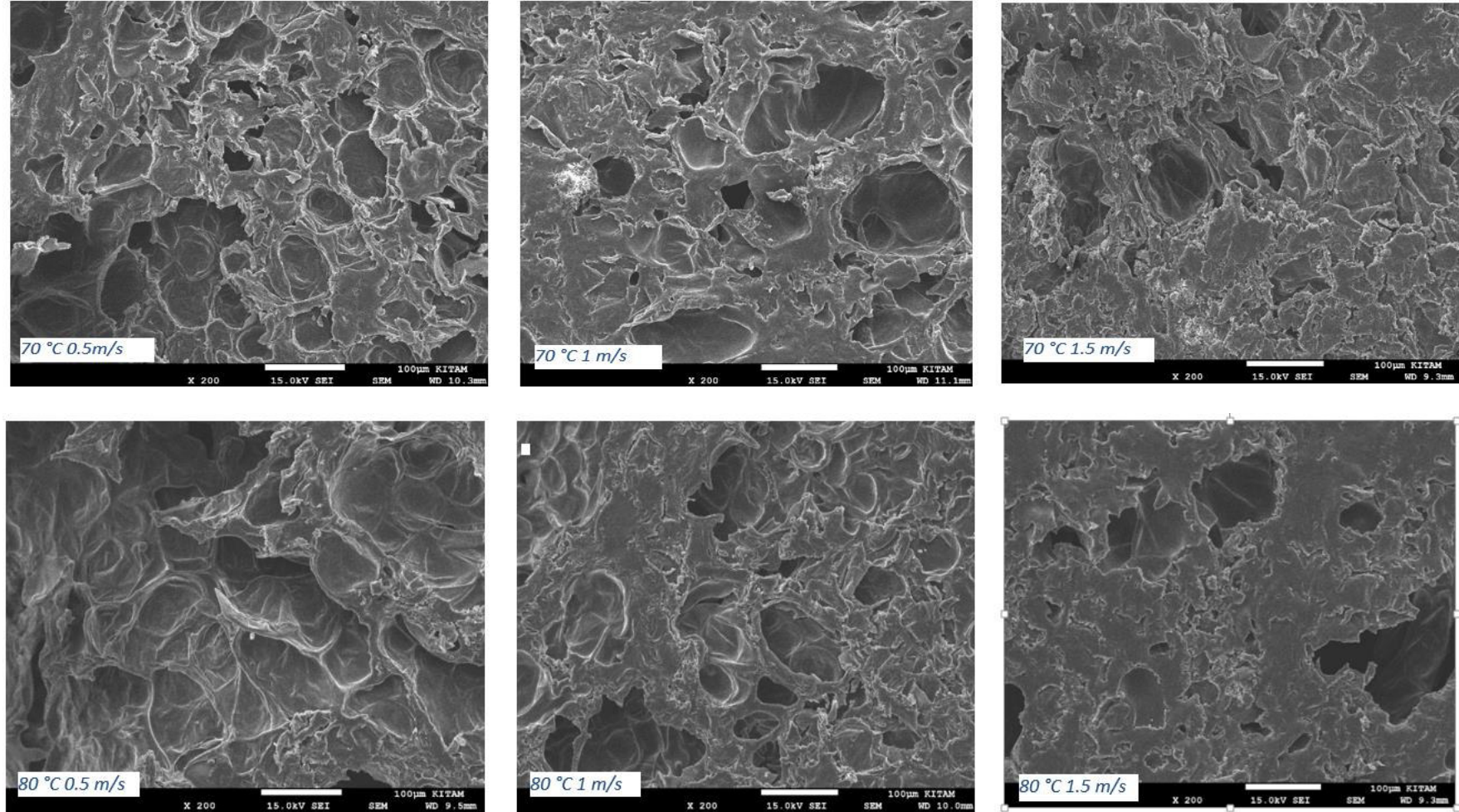
Tablo 4.18'den görüldüğü gibi, büzüşme değerleri 60°C'de kurutulanlarda en düşük, 50, 70 ve 80 °C'de elde edilenlerde yüksek saptanmıştır. Benzer çalışmalar incelediğinde; Stamenković vd. (2019), konvektif kurutma ile 60, 70 ve 80°C sıcaklık ve 0.5 ve 1.5 m/s hava hızı ile ahududu meyvesinin kurutulmasında, sıcaklık artması ile büzüşme oranının arttığını ve hacimdeki en az değişikliğin, 60 °C'de 1.5 m/s hava hızında kurutulanlarda olduğunu rapor etmişlerdir. Pavkov vd. (2017), konvektif olarak 50, 60, 70 ve 80 °C hava sıcaklığında ve 1 m/s sabit hava hızında kuruttukları kırmızı Polana ahududularında en çok büzüşmeyi 50 °C sıcaklıkta tespit etmişlerdir. Koç vd. (2008) ayvanın kurutmasında büzüşme aralığını %25.80-62.40 olarak bildirmişler ve büzüşmenin nem içeriğinin tek fonksiyonu olmadığını, aynı zamanda kurutma yöntemine de bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Maskan (2001) mikrodalga, sıcak hava ve sıcak hava-mikrodalga ile kurutulan kivi örneklerinde büzüşmeyi sırasıyla %85, %81 ve %76 olarak saptamış, artan sıcaklıkla büzüşme oranını da arttığını rapor etmiştir. Ochoa vd. (2002b), kuşburnu örneklerinde artan sıcaklık ve hava hızı ile beraber örneklerin büzüşme oranının da arttığını tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmanın bulguları, daha önceki çalışmalarda (Marquez and De Michelis, 2011; Ochoa, et al., 2002a) elde edilenlerle tutarlıdır.

4.7.Meyvelerin Morfolojik Özellikleri

Taze ve dört farklı sıcaklık ve üç farklı hava hızında kurutulan kara kuşburnu meyvesinin morfolojik özellikleri taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenmiştir (Şekil 4.34). Hücre düzeyinde kurutmanın kütle transferi ve doku özellikleri üzerindeki etkisini açıkça görmek, numunelerin morfolojik değişikliklerini daha iyi anlamak için bir taramalı elektron mikroskobundan (SEM) yararlanılmıştır.







Şekil 4.34. Yaş ve kuru meyvelerin SEM görüntüleri

Şekil 4.34 incelendiğinde, dokulardaki değişimi açıkça görmek mümkündür. Taze kuşburnu meyvelerinin mikro yapısı incelendiğinde, fazla miktarda hücre bölmelerinden oluştuğu ve hücreler arası boşluklara sahip olduğu görülmektedir. Taze kuşburnunun meyve dokusundaki oval hücreler çok net görülmektedir. Kurutmada kullanılan sıcaklık ve hava hızları meyvelerde önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Hücreler deforme olmuş, hücreler arası boşluklar düzensizleşmiş ve buruşmuştur. Sıcaklıklara göre deformasyon derecesi değişmiştir. 50 ve 60°C'de kurutulan örneklerin hücre duvarları daha çok deforme olurken, 70 ve 80 °C'ye tabi tutulan ve kısa sürede kurutulan örneklerin hücre duvarı daha az zarar görmüştür. SEM mikrografları, kurutma sıcaklığının ve süresinin, kurutulmuş numunelerin mikro yapısını güçlü bir şekilde etkilediğini açıkça göstermektedir (Russo et al., 2013). Hatta bazı kılcal damarlar kapanmamıştır. Sıcak havayla kurutmanın dokuların ciddi şekilde büzüşmesine ve çökmesine neden olduğu daha önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Giri and Prasad, 2007; Zannou et al., 2021). Deng ve Zhao (2008), kurutmanın hücre duvarında ciddi bir bozulmaya, deformasyona ve katlanmaya yol açtığını gözlemlemişlerdir. Bu durum, bazı kimyasal bileşenlerin, özellikle polisakkaritlerin termal bozulması, su kaybı ve denatürasyonundan kaynaklanabilmektedir (Deng and Zhao, 2008; Giri and Prasad, 2007).

4.8. Meyvelerin Tekstürel Özellikleri

Kurutma işlemi sırasında meydana gelen nem içeriğindeki değişiklikler mekanik veya dokusal değişime yol açmaktadır. Kurutulmuş meyvelerin tekstürel özellikleri Tablo 4.19' da verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere taze ve kurutulmuş meyvelerin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), yapışkanlık (cohesiveness), sakızımsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness) ve dayanıklılık (resilience) değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 4.19. Taze ve kuru meyvelerin tekstürel özellikleri

Sıcaklık (°C)	Hava hızı, m/s	Sertlik (N)(Hardness)	Elastikiyet (Springiness)	Yapışkanlık (Cohesiveness)	Sakızimsılık (Gumminess)	Çiğnenebilirlik (Chewiness)	Dayanıklılık (Resilience)
Meyve		22.62±1.78f	0.88±0.00a	0.71±0.03a	15.92±2.42c	12.76±1.69e	0.37±0.02a
50	0.5	43.99±0.56e	0.81±0.02dcb	0.66±0.00ba	26.91±1.30ba	23.16±2.55dcb	0.26±0.01b
	1.0	49.92±0.05d	0.80±0.01dcb	0.62±0.02ba	31.25±0.79a	25.19±0.41dcb	0.24±0.01b
	1.5	50.50±0.67d	0.81±0.00dcb	0.62±0.05ba	31.60±2.88a	25.86±2.21dcb	0.24±0.02b
60	0.5	50.91±2.02d	0.82±0.07dcb	0.45±0.01d	21.77±3.79cb	22.41±1.50dc	0.16±0.03dc
	1.0	49.91±0.61d	0.82±0.04cba	0.45±0.02d	21.90±2.76cb	21.99±1.22dc	0.16±0.02dc
	1.5	50.50±0.67d	0.81±0.00dcb	0.62±0.05ba	31.60±2.88a	25.86±2.21dcb	0.24±0.01b
70	0.5	55.35±0.59c	0.83±0.00ba	0.56±0.02cb	33.64±3.16a	21.60±2.20d	0.26±0.00b
	1.0	54.73±0.35c	0.79±0.01dcb	0.48±0.12dc	27.03±5.71ba	21.92±0.81dc	0.18±0.05c
	1.5	56.08±0.70c	0.82±0.00cba	0.61±0.00ba	31.29±0.01a	23.20±0.70dcb	0.24±0.00b
80	0.5	65.00±3.28b	0.75±0.03dc	0.33±0.05e	21.43±2.48cb	27.52±2.71b	0.13±0.02d
	1.0	64.10±0.47b	0.75±0.04dc	0.29±0.02e	27.27±0.74ba	26.28±0.84cb	0.12±0.01d
	1.5	81.28±0.45a	0.81±0.00dcb	0.38±0.01ed	31.40±0.88a	34.36±2.63a	0.16±0.00dc

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Tablo 4.19’da görüldüğü gibi, kurutulmuş kara kuşburnu örneklerinde sertlik 43.99-81.28, elastikiyet 0.75-0.83, yapışkanlık 0.29-0.66, sakızimsılık 21.43-33.64, çiğnenebilirlik 21.60-34.36 ve dayanıklılık 0.12-0.26 değerleri arasında değişmiştir. Sonuçlar sıcak havayla kurutmanın örneklerin sertliği, yapışkanlığı ve çiğnenebilirliği önemli ölçüde arttırdığını göstermektedir. Ancak taze meyve ile karşılaştırıldığında; elastikiyet, yapışkanlık ve dayanıklılığın nispeten düştüğü görülmektedir.

Kurutma sıcaklığı ve hava hızının tekstürel özellikler üzerine etkisi Tablo 4.20’de verilmiştir. Yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kara kuşburnu örneklerinin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve dayanıklılık (resilience) değerler istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde farklı bulunurken, farklı hava hızları ile kurutulan gruplar arasında ($p > 0.05$) fark bulunmamıştır.

Tablo 4.20. Meyvelerin tekstürel özellikleri üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi

	Sertlik (N)	Elastikiyet	Yapışkanlık	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik	Dayanıklılık
Sıcaklık, °C						
50	48.18c	0.81a	0.63a	30.52	24.74b	0.25a
60	50.44cb	0.80a	0.51b	25.05	23.56b	0.19b
70	55.39b	0.81a	0.55ba	30.65	22.24b	0.23a
80	70.12a	0.77b	0.33c	26.70	29.38a	0.14c
Hava hızı, m/s						
0.5	53.81	0.80	0.50	26.23	23.67	0.20
1.0	54.66	0.79	0.46	26.83	23.95	0.18
1.5	59.59	0.81	0.56	31.47	27.31	0.22

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0.05$)

Elde edilen sonuçlara göre; sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve dayanıklılık (resilience) kurutma sırasında sıcaklıktan etkilenmiş ve daha önce de belirtildiği gibi bu etki istatistiksel açıdan anlamlı olmuştur. Sertlik ve çiğnenebilirlik için en yüksek değerler sırasıyla 70.12 ve 29.38 olarak 80 °C sıcaklıkta elde edilirken, elastikiyet (springiness), yapışkanlık (cohesiveness) ve dayanıklılık (resilience) için en yüksek değerler sırasıyla 0.81, 0.63, 0.25 olarak 50 °C sıcaklıkta bulunmuştur. Kurutulmuş meyveler ne kadar yumuşak olursa, ürünün kalitesi de o kadar yüksek olmaktadır. Sertlik, kuru meyvelerde kaliteyi belirlemek için kullanılan önemli bir parametredir. Chong vd. (2008a), chempedakin (*Artocarpus integer*) farklı kurutma sıcaklıklarında (50, 60, 70 °C) konvektif kurutulmasıyla sertlik ve çiğnenebilirliğin artan sıcaklıkla arttığını;

ancak kurutulmuş chempedakın elastikiyetin ve yapışkanlık değerlerinin nispeten sabit kaldığını rapor etmişlerdir.

Kurutma sırasında su, meyvenin önce yüzeyinden, ardından iç kısmından buharlaşmaktadır. Bu da, sert dokusal özelliklere yol açan önemli büzüşmelerin ve çökmüş yüzeylerin oluşmasına neden olmaktadır (Zielinska et al., 2015). Bu nedenle, kurutulmuş kara kuşburnunun sertlik, sakızlımsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde artış gözlemlenmektedir. Benzer şekilde kurutulmuş muz ve mantarlarda sertlik ve çiğnenebilirliğin arttığı bildirilmiştir (Kotwaliwale et al., 2007). Bunun nedeni, nemin uzaklaşmasıyla birlikte artan diğer bileşenlerin konsantrasyonuna bağlanmıştır. Aynı şekilde, Chong vd. (2008b), pektin gibi hücre duvarı bileşenlerinin depolimerizasyonu ile güneşte kurutma sırasında sertlikte meydana gelen önemli artışı ilişkilendirmiştir. Kurutulmuş kara kuşburnunda elastikiyet azalmıştır. Elastikiyet meyvedeki jelleştirici maddeye bağlıdır. Kotwaliwale vd. (2007) ve Chong vd. (2008b) sırasıyla kurutulmuş mantar ve chempedakın elastikiyet ve yapışkanlık değerlerinde azalma bildirmişlerdir, sıcak havayla kurutma sırasında elastikiyet ve dayanıklılığın azalması, özellikle daha yüksek sıcaklıklarda suyun uzaklaştırılmasıyla ilişkilendirilmiştir (Chong et al., 2008a).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kara kuşburnu, başta antosiyaninler olmak üzere birçok fitokimyasallarca zengin bir meyvedir. Bu meyve pek tanınmamakta olup gıda ve ilaç sanayiinde kullanım potansiyeli yüksektir. Yetiştği yörelerde kurutularak veya marmelata işlenerek muhafaza edilmektedir. Bu çalışma, kara kuşburnu meyvelerinin konvektif kurutulması için optimum sıcaklık ve hava hızı koşullarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada kara kuşburnu meyvesinin kurutulmasının fenolik bileşikler, antosiyaninler, antioksidan aktivite (DPPH, ABTS ve FRAP) ve C vitamini üzerine etkileri değerlendirilmiş, kurutma ve rehidrasyon kinetiği incelenmiştir. Yapılan çalışma sonunda kara kuşburnu meyvesinin kurutulmasında; kuruma süresi üzerine kurutma sıcaklığının etkisi önemli olurken hava hızının etkisi önemli olmamıştır.

Kurutma kinetiğinin incelenmesinde 14 farklı modelleme yapılmış ve Midilli modeli en yüksek R^2 (0.9997), en düşük RMSE (0.0059) ve en düşük χ^2 (0.00003) değerine 70°C'de 1.5 m/s hava hızında kurutulmuş örneğin sahip olduğu belirlenmiştir.

Kurutulmuş gıdalarda önemli bir kalite parametresi olan rehidrasyon kapasitesi farklı sıcaklıklarda (20, 40 ve 60°C) test edilmiştir. Rehidrasyon bulguları, kurutulmuş meyvenin su absorpsiyonunun 60°C'de daha hızlı olduğunu, ardından 40°C ve 20°C'de olduğunu göstermiştir. En yüksek rehidrasyon kapasitesi 60 °C ve 0.5 m/s hava hızı ile kurutulan meyvelerde belirlenmiştir. Rehidrasyon kapasitesi üzerine rehidrasyon sıcaklığının etkisi de istatistiksel açıdan önemli olmuş ($p<0.05$), sıcaklık arttıkça rehidrasyon kapasitesi önemli derecede artmıştır. Farklı hızda kurutulan meyvelerin rehidrasyon sıcaklığından etkilenmesi de istatistiksel olarak önemli olmuştur ($p<0.05$). Hava hızının artmasıyla rehidrasyon oranında düşüş gözlemlenmiştir. Hava hızının rehidrasyon kapasitesi üzerine olan etkisiyle aynı orantıda olmasa da kurutma sıcaklığı ve rehidrasyon sıcaklığının etkisi de istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). 50 °C'de kurutulanlarda rehidrasyon sıcaklığı istatistiksel olarak önemli farklılık oluştururken diğer kurutma sıcaklıklarında farklılığın önemli olmadığı dikkat çekmektedir. Rehidrasyon modellerinin, kurutma ve rehidrasyon sıcaklıklarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. 20, 40 ve 60°C'de rehidre edilmiş örnekler için, farklı kurutma sıcaklık (50, 60, 70 ve 80 °C) ve hava hızlarında (0.5, 1.0 ve 1.5 m/s) rehidrasyon davranışını tanımlayan en uygun modeller Peleg ve Vega-Gálvez modelleri olmuştur.

Kurutmada en önemli parametrelerden biri de renk değişimidir. Nihai ürünün rengi bir kalite göstergesi olarak kabul edilir ve kurutma koşullarını optimize etmede ve önemli bileşiklerin bozulmasını en aza indirmede renk parametrelerinden yararlanılır. Kurutma denemelerinde kuru meyvenin renk özelliklerinin taze meyveye yakın olması istenmektedir. Taze ve kurutulmuş örneklerin renk değerleri birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Kurutma sıcaklıklarına bağlı olarak L^* , a^* ve b^* değerleri istatistiksel olarak farklı olurken ($p<0.05$), hava hızlarına göre önemli bir değişim göstermemiştir ($p>0.05$). Toplam renk farkı değerlerine bakıldığında en az değişim 80 °C ve 1.5 m/s hava hızında kurutulan örneklerde saptanmıştır.

Toplam renkteki değişim (ΔE) değerleri üzerine hem sıcaklık hem de hava hızı etkili olmuştur ($p<0.05$). En yüksek ΔE değeri 60 °C sıcaklık ve 0.5 m/s hava hızında olurken, en düşük renk değişimi 80 °C sıcaklık ve 1.5 m/s hava hızında bulunmuştur.

Kara kuşburnu içerdiği bileşiklerle önemli bir antioksidan kaynağı oluşturmaktadır. Biyoaktif bileşenler, özellikle antioksidan aktiviteleri, reaktif oksijen türlerinin gıda sistemlerinde ve dolayısıyla insan vücudundaki zararlı etkilerini azaltmaları nedeniyle çok önemlidir. Kurutma koşulları (hem sıcaklık hem hava hızı) meyvenin toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP, ABTS ve C vitamini değerleri üzerine önemli derecede etkili olmuştur ($p<0.05$). En yüksek toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP ABTS ve C vitamini değerleri 70 °C 1.5 m/s hava hızında saptanmıştır. Sonuç olarak 70 °C’de kurutulan meyvelerinin antioksidan özellikleri daha iyi korunmuştur.

Gıda işleme tekniklerinin, meyve ve sebzelerin fenolik bileşikleri kompozisyonu üzerine etki ettiği, bu etkinin pozitif, nötr ve negatif şekilde son ürüne yansyabileceği bilinmektedir. Bu çalışmada, kurutma süresince meyvelerin bireysel fenolik kompozisyonunda farklı şekilde değişiklikler olmuştur. Bir kısım fenolik bileşiklerin miktarı artarken, bir kısmı sabit kalmıştır. Genel olarak, kurutulmuş meyvelerde daha yüksek miktarda fenolik bileşik tespit edilmiştir. Yaş ve kuru meyveler kateşinlerce zengin olup kateşin ve epikateşinin dominant fenolik bileşikler olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; hava hızı, sıcaklığı ve bunların interaksyonu $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek kateşin ve epikateşin; 70 °C, 1.5 m/s hava hızında kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Klorojenik asit, fumarik asit, gallik asit, gentistik asit, narinjenin, p-kumarik asit, protokateşuik asit, kersetin, kersetin-3-glukozit, rutin ve tannik asit için en yüksek değerler, 50°C ve

0.5m/s'de kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Farklı hava hızlarında kurutma, meyvelerin klorojenik asit ve rutin içerikleri hariç diğer bileşikler üzerine etkili olmamıştır ($p>0.05$). Kurutma sıcaklığının ise tüm bireysel fenolik bileşikler üzerine etki ettiği ($p<0.05$) görülmektedir. Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; kateşin ve epikateşin hariç diğer bileşiklerin düşük sıcaklık ve hava hızında daha iyi korunduğu; kersetin ve kersetin 3-glukozitin düşük sıcaklıkta ancak 1.0 ve 1.5 m/s hava hızında, kateşinlerin ise 70 °C'de 1.5 m/s hava hızında daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Hepsini tek bir kurutma koşulunda toplamak yani optimum nokta söylemek zordur. Hidroksi sinamik ve hidroksibenzoik asit temsilcileri genel olarak yüksek sıcaklıktan etkilenirken, kateşinler yüksek sıcaklığa daha dayanıklı olmuştur. Kateşinlerin meyve içerisindeki miktarları ve biyoaktif özellikleri düşünüldüğünde, kara kuşburnu için en iyi kurutma koşulunun 70 °C'de 1.5 m/s hızla kurutma olduğu söylenebilir.

Çalışmada, 4 antosiyanin (siyanin klorit, siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit, pelargonidin-3 glukozit) tanımlanabilmiştir. Yaş ve kuru meyvelerde dominant pigment siyanidin-3 glukozittir. Kara kuşburnu meyvelerinde, ayrıca fazla miktarda siyanin klorite de rastlanmıştır. Kurutma süresince meyvelerin antosiyanin bileşiklerinin kompozisyonu değişmiştir. Bir kısım bileşiklerin miktarı azalırken, bir kısmı sabit kalmıştır. Yapılan analizler sonucunda taze meyvelerde daha yüksek miktarda siyanin klorit, siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit, pelargonidin-3 glukozit bileşiklerinin bulunduğu ve bu değerlerde kurutmadan sonra kayıplar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek siyanidin-3 glukozit ve siyanin klorit, siyanidin-3 rutinozit ve pelargonidin-3 glukozit, 70 °C ve 1.5 m/s kurutmaya tabi tutulanlarda saptanmıştır. Siyanin klorit içeriği, en yüksek 70 °C'de, en düşük ise 50 °C'de bulunmuştur. Siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit ve pelargonidin-3 glukozit ise en yüksek 60 ve 70 °C'lerde bulunmuştur. Bireysel antosiyaninler üzerine sıcaklık önemli derecede ($p<0.05$) etkili olurken, hava hızı etkili olmamıştır ($p>0.05$).

Kurutma işleminde en önemli konulardan biri de büzüşmedir. Büzüşme ne kadar artarsa örneklerin hacim ve alanı o kadar azalmaktadır. Kara kuşburnu meyvelerinin alan değerleri kurutma işlemi ile azalmış, kurutmaya birlikte büzüşmeye uğramıştır. En fazla büzüşme 50 °C 1.5 m/s' de, en az büzüşme ise 60 °C 0.5 m/s' de gerçekleşmiştir. Büzüşme üzerine kurutma sıcaklıklarının etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olurken, hava hızlarının etkisi önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Taze kuşburnu meyvelerinin mikro yapısının, fazla miktarda hücre bölmelerinden oluştuğu ve hücreler arası boşluklara sahip olduğu görülmektedir. Kurutmada kullanılan sıcaklık ve hava hızları meyvelerde önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Hücreler deforme olmuş, hücreler arası boşluklar düzensizleşmiş ve buruşmuştur. Sıcaklıklara göre deformasyon derecesi değişmiştir. 50 ve 60°C'de kurutulan örneklerin hücre duvarları daha çok deforme olurken, 70 ve 80 °C'ye tabi tutulan ve kısa sürede kurutulan örneklerin hücre duvarı daha az zarar görmüştür.

Kara kuşburnunun tekstürel özelliklerine bakıldığında; taze ve kurutulmuş meyvelerde sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), yapışkanlık (cohesiveness), sakızimsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness) ve dayanıklılık (resilience) değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Sıcak havayla kurutmanın örneklerin sertliği, yapışkanlığı ve çiğnenebilirliğini önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Ancak taze meyve ile karşılaştırıldığında elastikiyet, yapışkanlık ve dayanıklılıknispeten düşmüştür.

Sonuç olarak kara kuşburnu meyvesinin mikro yapısı, biyoaktif bileşiklerin (toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, DPPH, FRAP ABTS ve C vitamini), bireysel fenolik bileşiklerin (özellikle kateşin ve epikateşin), bireysel antosiyaninlerin (siyanin klorit, siyanidin-3 glukozit, siyanidin-3 rutinozit, pelargonidin-3 glukozit) korunumu bakımından kara kuşburnu meyvelerinin konvektif kurutulması için optimum sıcaklık 70 °C ve hava hızı 1.5 m/s olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Acar, J. (2016). *Meyve ve sebze işleme teknolojisi ders notları*. Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 15-50, Ankara.
- Acar, J. ve Demir, N. (2001). Kuşburnu çayları. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 5(11), 17-20.
- Adamczak, A., Buchwald, W., Zieliński, J. and Mielcarek, S. (2010). The effect of air and freeze drying on the content of flavonoids, β -carotene and organic acids in European dog rose hips (*Rosa L. sect. Caninae DC. em. Christ.*). *Herba Polonica*, 56(1), 7-18.
- Adıgüzel, S. (2006). *Kuşburnu meyvesinin pulpa işlenmesi sırasında bazı bileşim öğelerinin değişimi*. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 46, Samsun.
- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M. and Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera L.*) varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19), 7592-7599. <https://doi.org/10.1021/jf050579q>
- Altan, D. D. (2014). *Kuşburnu meyvesinin geleneksel yöntemle meyve suyuna işlenmesi aşamalarında antioksidan kapasite değişiminin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 71, Tekirdağ.
- Andersen, H. L., Næss, S. J. and Salvesen, P. H. (2016). Hybridization between the locally endangered *Rosa spinosissima* and *Rosa mollis* results in the pentaploid *Rosa x sabinii* in western Norway. *Nordic Journal of Botany*, 34(6), 645-657. <https://doi.org/10.1111/njb.01070>
- Andersson, S. C., Olsson, M. E., Gustavsson, K. E., Johansson, E. and Rumpunen, K. (2012). Tocopherols in rose hips (*Rosa spp.*) during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(10), 2116-2121. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5594>
- Andersson, S. C., Rumpunen, K., Johansson, E. and Olsson, M. E. (2011). Carotenoid content and composition in rose hips (*Rosa spp.*) during ripening, determination of suitable maturity marker and implications for health promoting food products. *Food Chemistry*, 128(3), 689-696. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.088>
- Anşin, R., Menev, N. ve Gerçek, Z. (1987). Doğu Karadeniz Bölgesinde yetişen doğal *rosa L.* taksonlarının sistematik, anatomik ve palinolojik yönden araştırılması. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 11: (1) 17-29,
- AOAC. (2000). Official method of analysis (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists (No. 967.21 Ascorbic acid in vitamin preparation and juices).
- Aral, S. and Beşe, A. V. (2016). Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus spp.*): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food Chemistry*, 210, 577-584. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.128>.
- Asami, D. K., Hong, Y.-J., Barrett, D. M. and Mitchell, A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1237-1241. <https://doi.org/10.1021/jf020635c>

- Ashtiani, S. M., Salarikia, A. and Golzarian, M. R. (2017). Analyzing drying characteristics and modeling of thin layers of peppermint leaves under hot-air and infrared treatments. *Information Processing in Agriculture*, 4(2), 128-139. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.03.001>
- Aslaminabad, R. (2020). *Kuşburnu çayında bulunan flavonollerin prostat kanser hücre kültürlerinde apoptozis üzerine etkisi*. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Biyokimya Ana Bilim Dalı, 105, İzmir.
- Atalar, I., Saricaoglu, F. T., Odabas, H. I., Yilmaz, V. A. and Gul, O. (2020). Effect of ultrasonication treatment on structural, physicochemical and bioactive properties of pasteurized rosehip (*Rosa canina* L.) nectar. *LWT*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108850>.
- Ayazoglu Demir, E., Demir, S., Türkmen, N. and Turan, İ. (2021). The effect of *Rosa pimpinellifolia* extract on the proliferation of human tumor cells. *KSU J. Agric Nat*, 24(6), 1170-1176. doi: 10.18016/ksutarimdoga.vi.848137.
- Benseddik, A., Azzi, A., Zidoune, M. N., Khanniche, R. and Besombes, C. (2019). Empirical and diffusion models of rehydration process of differently dried pumpkin slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 401-410. [10.1016/j.jssas.2018.01.003](https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.01.003).
- Betoret, B. N., Puente, L., Diaz, MJ., Pagan, MJ., Garcia, MJ. and Gras, ML. (2003). Development of probiotic enriched dried fruits by vacuum impregnation. *Journal of Food Engineering*, 56: 273–7.
- Bhave, A., Schulzova, V., Chmelarova, H., Mrnka, L. and Hajslova, J. (2017). Assessment of rosehips based on the content of their biologically active compounds. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(3), 681-690. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.019>.
- Bicer, A. and Kar, F. (2013). Experimental investigation of drying behavior of rosehip in a cyclone-type dryer. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 7(6).
- Biçer, A. (2009). *Farklı kurutucular kullanılarak kuşburnunun kurutulması*. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, 99, Elazığ.
- Biz, A. P., Cardozo-filho, L. and Zanoelo, E. F. (2019). Drying dynamics of microalgae (*Chlorella pyrenoidosa*) dispersion droplets. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 138, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.03.007>.
- Bulut, H. (2019). *Farklı ısıtma sürelerinin kuşburnu pulpu ve konsantresinin özelliklerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 74, Tokat.
- Bustos, M. C., Rocha-Parra, D., Sampedro, I. R., de Pascual-Teresa, S. and León, A. E. (2018). The influence of different air-drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(11), 2714-2723. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05395>.
- Cemeroğlu, B., (1992). Meyve Ve Sebze İşletme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları.
- Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L. and Zhou, Y. (2015). Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short- and medium-wave infrared radiation. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 759-766. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.071>.
- Chenlo, F., Arufe, S., Díaz, D., Torres, M. D., Sineiro, J. and Moreira, R. (2018). Air-drying and rehydration characteristics of the brown seaweeds, *Ascophylum nodosum* and *Undaria pinnatifida*. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1259–1270. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1300-6>.

- Chielle, D. P., Bertuol, D. A., Meili, L., Tanabe, E. H. and Dotto, G. L. (2016). Convective drying of papaya seeds (*Carica papaya* L.) and optimization of oil extraction. *Industrial Crops and Products*, 85, 221-228. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.010.
- Chong, C. H., Law, C. L., Cloke, M., Hii, C. L., Abdullah, L. C. and Daud, W. R. W. (2008a). Drying kinetics and quality of dried Chempedak. *Journal of Food Engineering*, 88(4), 522-527. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.013>.
- Chong, C. H., Law, C. L., Cloke, M., Abdullah, L. C. and Daud, W. R. W. (2008b). Drying kinetics, texture, color, and determination of effective diffusivities during sun drying of chempedak. *Drying Technology*, 26(10), 1286-1293. <https://doi.org/10.1080/07373930802307308>.
- Cin, M. (2019). *Mikroalga-vakum kombine kurutma yönteminin kuşburnunun kalite özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 137, Mersin.
- Çakır, Ö. and Ergen, B. (2021). Assessment of wild *R. pimpinellifolia* L. according to mineral content and bioactive compounds. *European Journal of Science and Technology*, (25), 644-649. <https://doi.org/10.31590/ejosat.943477>.
- Çalışır, S. and Aydın, C. (2004). Some physico-mechanic properties of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 65, 145-150. [10.1016/j.jfoodeng.2004.01.009](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.01.009).
- Çelik, F. (2005). Türkiye’de doğal olarak yetişen kuşburnu (*Rosa ssp.*) türleri ve yayılış alanları. Doktora Semineri, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, 11s.
- Dadali, G. and Özbek, B. (2008). Microwave heat treatment of leek: drying kinetic and effective moisture diffusivity. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(8), 1443-1451. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01688.x>.
- Dadali, G., Apar, D. K. and Özbek, B. (2007b). Microwave drying kinetics of okra. *Drying Technology*, 25(5), 917-924. <https://doi.org/10.1080/07373930701372254>.
- Dadali, G., Demirhan, E. and Özbek, B. (2007a). Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying Technology*, 25(10), 1713-1723. <https://doi.org/10.1080/07373930701590988>.
- Degirmenci, A., Er, M., Turkut, G. M. and Okumuş, G. (2018). Comparison of the effect of process temperature on some biochemical properties of nectar from fresh and dried rosehip. *Journal of Apitherapy and Nature*, 1(1), 20-27.
- Demir, B. (2020). *Kuşburnu marmelatı ilaveli kefirin depolama süresince bazı özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 76, Erzurum.
- Demir, F. and Özcan, M. (2001). Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina* L.) fruits grown wild in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 47(4), 333-336. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00129-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00129-1).
- Demir, N., Yildiz, O., Alpaslan, M. and Hayaloglu, A. A. (2014). Evaluation of volatiles, phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (*Rosa* L.) fruits in Turkey. *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.038>.
- Demir, F., Uzun, F. G., Durak, D. and Kalender, Y. (2011). Subacute chlorpyrifos-induced oxidative stress in rats erythrocytes and the protective effects of catechin and quercetin. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99(1), 77-81. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.11.002>.

- Demiray, E., Tulek, Y. and Yilmaz, Y. (2013). Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 1,172-176, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.001>.
- Deng, Y. and Zhao, Y. (2008). Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature. texture. microstructure and calcium penetration of dried apples (*Fuji*). *LWT - Food Science and Technology*, 41(9). 1575-1585. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.10.018>.
- Devahastin, S. and Niamnuy, C. (2010). Modelling quality changes of fruits and vegetables during drying: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(9), 1755–1767. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02352.x>.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K. and Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010-3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>.
- Didin, M., Kızılaslan, A., Özer, S. ve Fenercioğlu, H. (1996). Kuşburnu meyvesinin gıda sanayinde kullanımı ve marmelata işlenmeye uygunluğu. *Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 319-328.
- Djendoubi, M., Nourhène B., Kechaou, N., Courtois, F. and Bonazzi, C., (2012). Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioprocess Processing*, 90, 3, 433-441, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.11.009>.
- Dogan, A. and Kazankaya, A. (2006). Fruit properties of rose hip species grown in Lake Van Basin (Eastern Anatolia Region). *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(1), 120-122.
- Dorneles, L. D. S, Goneli, A. L. D., Cardoso, C. A. L., da Silva, C. B., Hauth, M. R., Oba, G. C. and Schoeninger, V. (2019). Effect of air temperature and velocity on drying kinetics and essential oil composition of *Piper umbellatum* L. leaves. *Industrial Crops and Products*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111846>.
- Doymaz, İ. (2008). Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(5), 914-919. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2007.02.003>.
- Doymaz, İ. (2012). Prediction of drying characteristics of pomegranate arils. *Food Analytical Methods*, 5, 841–848.
- Doymaz, İ. and Karasu, S. (2018). Effect of air temperature on drying kinetics, colour changes and total phenolic content of sage leaves (*Salvia officinalis*). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10(3), 269-276. <https://doi.org/10.3920/QAS2017.1257>.
- Doymaz, İ. and İsmail, O. (2010). Drying and rehydration behaviors of green bell peppers. *Food Sci Biotechnol.* 19, 1449–1455. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0207-7>.
- Doymaz, I. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1291-1297. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.047.
- Duman, T. (2014). *Kuşburnu (Rosa canina) nektarında toplam fenolik madde ve suda çözünen vitaminlerin ısı parçalanma kinetiği*. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 98, Denizli.
- Duru, N. (2008). *Kuşburnu nektarındaki karotenoidlerin depolama stabilitesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 81, Ankara.

- Duru, N., Karadeniz, F. and Erge, H. S. (2012). Changes in bioactive compounds, antioxidant activity and HMF formation in rosehip nectars during storage. *Food Bioprocess Technology*, 5, 2899-2907.
- Ekincialp, A. ve Kazankaya, A., (2012). Hakkari yöresi kuşburnu genotiplerinin (*Rosa spp.*) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(1), 7-11.
- Engin, T. (2019). *Kara kuşburnu (Rosa pimpinellifolia L.) ve karadut (Morus nigra L.) ekstraktları ilavesi ile nar reçelinin renk ve antioksidan açısından zenginleştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 148, Erzurum.
- Erbay, Z. and Icier, F. (2009a). Optimization of drying of olive leaves in a pilot-scale heat pump dryer. *Drying Technology*, 27(3), 416-427. <https://doi.org/10.1080/07373930802683021>
- Erbay, Z. and Icier, F. (2009b). Optimization of hot air drying of olive leaves using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 91(4), 533-541. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.004>
- Erbay, Z. and Icier, F. (2010). Thin-layer drying behaviors of olive leaves (*Olea europaea* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 33(2), 287-308. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00275.x>
- Ercisli, S. (2005). Rose (*Rosa spp.*) germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52(6), 787-795.
- Ercisli, S. (2007). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa spp.*) species. *Food Chemistry*, 104(4), 1379-1384. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.053>.
- Erdem, F., Gündoğan, E. N., Yılmaz, M. S., Sezgin, İ., Summakoğlu, Y. ve Şakıyan Demirkol, Ö. (2021). Kuşburnu (*Rosa canina*) fenolik bileşiklerinin mikrokapsülasyonu. *Gıda*, 46(4), 1026-1039. doi: 10.15237/gida.GD21046.
- Erenturk, S., Gulaboğlu, M. S. and Gultekin, S. (2005). The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. *Journal of Food Engineering*, 68(4), 513-518. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.07.012>.
- Erenturk, S., Gulaboglu, M. S. and Gultekin, S. (2004). The thin-layer drying characteristics of rosehip. *Biosystems Engineering*, 89(2), 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.06.002>.
- Ergüneş, G. ve Taşova, M. (2018). Kabin kurutucuda kurutulan kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesinin kuruma performansı, efektif difüzyon ve aktivasyon enerjisi değerlerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1), 75-82. <http://dx.doi.org/10.29278/azd.440678>.
- Ersoy, B. (2019). *Rosa pimpinellifolia türüne ait farklı genotiplerin meyve özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Meyve Yetiştirme ve İslahı Bilim Dalı, 49, Erzurum.
- Ertekin, C. and Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63, 349-359. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.08.007>
- Esparza-Martínez, F. J., Miranda-López, R., Mata-Sánchez, S. M. and Guzmán-Maldonado, S. H. (2016). Extractable and non-extractable phenolics and antioxidant capacity of mandarin waste dried at different temperatures. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71, 294-300. doi: 10.1007/s11130-016-0559-0.

- Evvin, D. (2011). Investigation on the drying kinetics of sliced and whole rosehips at different moisture contents under microwave treatment. *Scientific Research and Essays*, 6(11): 2337-2347. <https://doi.org/10.5897/SRE11.082>.
- Fattahi, S., Jamei, R. and Hosseini, S. S. (2012). Antioxidant and antiradical activities of *Rosa canina* and *Rosa pimpinellifolia* fruits from West Azerbaijan. *Iranian Journal of Plant physiology*, 2(4), 523-529.
- Fattahi, S., Jamei, R. and Sarghein, S. H. (2007). Antioxidant and antiradical activities of *Rosa canina* and *Rosa pimpinellifolia* fruits from West Azerbaijan. *Iranian Journal of Plant physiology*, 2(4), 523-530.
- Figiel, A. (2010). Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*, 98(4), 461.
- Gao, Q.-H., Wu, C.-S., Wang, M., Xu, B.-N., and Du, L.-J. (2012). Effect of drying of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids, α -tocopherol, β -carotene, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38), 9642-9648. <https://doi.org/10.1021/jf3026524>.
- Gao, X., Björk, L., Trajkovski, V. and Uggla, M. (2000). Evaluation Of Antioxidant Activities Of Rosehip Ethanol Extracts in Different Test Systems. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 2021-2027. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200011\)80:11<2021::JFS1000100000000000>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200011)80:11<2021::JFS1000100000000000>3.0.CO;2-1)
- Gao, X., Uggla, M. and Rumpunen, K. (2005). Antioxidant activity of dried and boiled rose hips. *Acta Horticulturae*, 690, 239-244. [10.17660/ActaHortic.2005.690.36](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.690.36).
- Gazor, H R., Roustapour, O R. (2015). Modeling of drying kinetic of pretreated sour cherry, *International Food Research Journal*; Selangor, 22,2, 476-481.
- Gazor, H. R. and Roustapour, O. R. (2015). Modeling of drying kinetic of pretreated sour cherry. *International Food Research Journal*, 22(2), 476-481.
- Ghellam, M. and Koca, I. (2020). Modelling of rehydration kinetics of desert truffles (*Terfezia* Spp.) dried by microwave oven. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2), 407-415. doi: 10.24925/turjaf.v8i2.407-415.3083.
- Giri, S. K. and Prasad., S. (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 512-521. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.021>.
- Goztepe, B., Kayacan, S., Bozkurt, F., Tomas, M., Sagdic, O. and Karasu, S. (2022). Drying kinetics, total bioactive compounds, antioxidant activity, phenolic profile, lycopene and β -carotene content and color quality of Rosehip dehydrated by different methods. *LWT*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112476>.
- Gül, G. (2017). *Karayemişin (Laurocerasus officinalis Roem.) antioksidan özelliği üzerine kurutmanın etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 106, Samsun.
- Güleryüz, M. ve Ercişli, S. (1996). Kuşburnu yetiştiriciliği. *Gümüşhane Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Gümüşhane, 103-117.
- Günaydin, S., (2020). Mikrodalga, Konvektif Ve Gölgede Kurutma Yöntemleri Kullanılarak Kurutulmuş Kuşburnu Meyvesinin Kurutma Kinetiği, Renk Ve Besin Elementi İçeriği Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Güven, L. (2016). *Rosa pimpinellifolia yalancı meyve, meyve ve köklerinde fitokimyasal ve biyolojik aktivite çalışmaları*. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakognozi Ana Bilim Dalı, 315, Erzurum.
- Hii, C. L., Law, C. L. and Cloke, M. (2009). Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.022>.

- Hossain, M.A., Woods, J.L. and Bala, B.K. (2007). Single-layer drying characteristics and colour kinetics of red chilli. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(11), 1367-1375. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01414.x>.
- Kadıoğlu, A. ve Yavru, I. (1996). Kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvelerindeki C vitamini basit işlemlerle suya geçirebilme veriminin araştırılması. *Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 253-260.
- Karhan, M., Aksu, M., Tetik, N. and Turhan, I. (2004). Kinetic modeling of anaerobic thermal degradation of ascorbic acid in rose hip (*Rosa Canina* L) pulp. *Journal of Food Quality*, 27(5), 311-319. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2004.00638.x>.
- Kavaz, N. (2019). *Kara kuşburnu çayının antioksidan aktivitesi ve antosiyanin miktarı üzerine infüzyon süresinin etkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 92, Erzurum.
- Kazankaya, A., Yılmaz, H. ve Yılmaz M. (2001). Adilcevaz Yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnuların seleksiyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(2), 29-34.
- Keleş, F. ve Kökosmanlı, M. (1996). Kuşburnu ve kuşburnu çayında C vitamini. *Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 245-252.
- Keneni, Y. G., Hvorslev-Eide, A. K. T. and Marchetti, J. M. (2019). Mathematical modelling of the drying kinetics of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial Crops and Products*, 132, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.012>
- Kırca, A., Özkan, M. and Cemeroglu, B. (2006). Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry*, 97(4), 598-605. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.036>
- Koca, I., Ustun, N. S. and Koyuncu, T. (2009). Effect of drying conditions on antioxidant properties of Rosehip fruits (*Rosa Canina* Sp.). *Asian Journal of Chemistry*, 21(2), 1061-1068.
- Koca, I., Yilmaz, V. A., Odabas, I. H. and Tekguler, B. (2018). Optimization of drying parameters for chestnut fruits using central composite design. *Acta Horticulturae*, 1220, 221-226. doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1220.31
- Koczka, N., Stefanovits-Bányai, E. and Ombódi, A. (2018). Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some rosa species. *Medicines*, 5(3), 84. <https://doi.org/10.3390/medicines5030084>
- Koç, B., Eren, İ. and Ertekin, F. K. (2008). Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: the effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, 85(3), 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.030>
- Koncalova, M. N. (1971). Anthocyanidins from hips of *Rosa pimpinellifolia* L. Preslia (Praha), 43, 198-201.
- Kong, K. and Ismail, A. (2011). Lycopene content and lipophilic antioxidant capacity of by-products from Psidium guajava fruits produced during puree production industry. *Food and Bioprocess Processing*, 89(1), 53-61. doi:10.1016/j.fbp.2010.02.004.
- Kotwaliwale, N., Bakane, P. and Verma, A. (2007). Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1207-1211. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.033
- Kovacs, S., Facsar, G., Udvardy, L. and Tóth, M. (2005). Phenological, morphological and pomological characteristics of some rose species found in Hungary. *Acta Horticulturae*, 690, 71-76. doi: 10.17660/ActaHortic.2005.690.9

- Koyuncu, T., Tosun, I. and Ustun, N. S. (2003). Drying Kinetics and Color Retention of Dehydrated Rosehips. *Drying Technology*, 21:7, 1369-1381, DOI: 10.1081/DRT-120023184.
- Koyuncu, T., Tosun, İ. and Pınar, Y. (2007). Drying characteristics and heat energy requirement of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.). *Journal of Food Engineering*, 78(2), 735-739. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.09.035
- Krokida, M. K. and Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57:1, 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00214-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00214-5)
- Krokida, M.K. and Marinos-Kouris, D.(2003). Rehydration kinetics of dehydrated products, *Journal of Food Engineering*, 57, 1, 1-7, [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00214-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00214-5).
- Kumar, S., Mahanand, S. S. and Kumar, P. (2017). Mathematical modelling and experimental analysis of broccoli (*Brassica oleracea* L.) in tray dryer. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1049-1052.
- Kutlu, N. (2013). Domates, kabak ve patlıcanın kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi ve modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 135, Ankara.
- Lin, B., Wang, Y., Zhou, Y. and Zhao, Z. (2013). Study on thin layer drying of *Rosa laevigata* Michx. *Engineering*, 5, 16-21. doi: 10.4236/eng.2013.51003
- López, J., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Gonzalez, E. and Di Scala, K. (2010). Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin C, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety O'Neil. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 772-777. doi: 10.1007/s11947-009-0306-8
- Mabellini, A., Ohaco, D., Elizabeth, H., Marquez, C. A., De Michelis, A. and Lozano, J. E. (2012). Effects of pretreatments on convective drying of rosehip (*Rosa eglandaria*), *International Journal of Food Studies*, 1(1), 42-51. <https://dx.doi.org/10.7455/ijfs/1.1.2012.a5>
- Mabellini, A., Ohaco, E., Márquez, C., Lozano, J. E. and De Michelis, A. (2013). Calculation of the effective diffusion coefficients in drying of chemical and mechanical pretreated rosehip fruits (*Rosa eglandaria* L.) with selected mass transfer models. *International Journal of Food Engineering*, 9(4), 481-486. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2012-0001>
- Macit, M. (2018). *Rosa canina* L. ve *Rosa pimpinellifolia* L. köklerindeki fenolik bileşiklerin miktarı ve biyoyararlılığının tespiti. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı Botanik Bilim Dalı, 92, İstanbul.
- Márquez, C. A., De Michelis, A. and Giner, S. A. (2006). Drying kinetics of rose hip fruits (*Rosa eglandaria* L.). *Journal of Food Engineering*, 77(3), 566-574. 10.1016/j.jfoodeng.2005.06.071
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 177-182. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00155-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00155-2)
- Mavi, A., Terzi, Z., Özgen, U., Yildirim, A. and Coşkun, M. (2004). Antioxidant properties of some medicinal plants: *Prangos ferulacea* (Apiaceae), *Sedum sempervivoides* (Crassulaceae), *Malva neglecta* (Malvaceae), *Cruciata taurica* (Rubiaceae), *Rosa pimpinellifolia* (Rosaceae), *Galium verum* subsp. *verum* (Rubiaceae), *Urtica dioica* (Urticaceae). *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(5), 702-705.

- Mbondi, N. N., Owino, W. O., Ambuko, J. and Sila, D. N. (2018). Effect of drying methods on the retention of bioactive compounds in African eggplant. *Food Science and Nutrition*, 1–10. <https://doi.org/10.1002/fsn3.623>.
- Méndez-Lagunas, L., Rodríguez-Ramírez, J., Cruz-Gracida, M., Sandoval-Torres, S., and Barriada-Bernal, G. (2017). Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 230, 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.010>
- Menges, H. O. and Ertekin, C. (2006). Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples. *Journal of Food Engineering*, 77, 1, 119-125, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.049>.
- Mengeş, H. O., Ertekin, C. ve Aydın, C. (2005). Elma dilimlerinin konveksiyonla kurumasına uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(3), 229-236.
- Moldovan, C., Babotă, M., Mocan, A., Menghini, L., Cesa, S., Gavan, A., Cristian Sisea, C., Vodnar, D. C., Dias, M. I., Pereira, C., Ferreira, I. C. F. R., Crişan, G. and Barros, L. (2021). Optimization of the drying process of autumn fruits rich in antioxidants: a study focusing on rosehip (*Rosa canina* L.) and sea buckthorn (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson) and their bioactive properties. *Food & Function*, 12(9), 3939-3953. doi:10.1039/d0fo02783a.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M. D., Silva, C., Prieto, D. M., Sousa, A. M. M., Hilliou, L. and Gonçalves, M. P. (2011). Drying kinetics of biofilms obtained from chestnut starch and carrageenan with and without glycerol. *Drying Technology*, 29(9), 1058-1065. <https://doi.org/10.1080/07373937.2011.563000>
- Murathan, Z.T., Zarifkhosroshahi, M., Kafkas, E. and Sevindik, E. (2016b). Characterization of bioactive compounds in rose hip species from East Anatolia region of Turkey. *Italian Journal of Food Science*, 28, 314-325.
- Murathan, Z.T., Zarifkhosroshahi, M. and Kafkas, N.E. (2016a). Determination of fatty acids and volatile compounds in fruits of rosehip (*Rosa* L.) species by HS-SPME/GC-MS and Im-SPME/GC-MS techniques. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 269-279. doi: 10.3906/tar-1506-50
- Najda, A. and Buczkowska, H. (2013). Morphological and chemical characteristics of fruits of selected *Rosa* sp. *Modern Phytomorphology*, 3, 99-103.
- Nakajima, JI., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M. and Saito, K. (2004). LC/PDA/ESI-MS Profiling and Radical Scavenging Activity of Anthocyanins in Various Berries. *J Biomed Biotechnol*. 2004(5):241-247. doi:10.1155/S1110724304404045.
- Nicoli, M. C., Anese, M. and Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3), 94-100. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00023-0).
- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F. and Mortazavi, S. A. (2012). Kinetic modeling of rehydration in air-dried quinces pretreated with osmotic dehydration and ultrasonic. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(5), 383-392. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00593.x>.
- Novikov, O. O., Pisarev, D. I., Zhilyakova, E. T., Novikova, M. U., Bondarenko, E. V., Fadeeva, D. A. and Bezmenova, M. D. (2011). Phytochemical study of the north Caucasian *Rosa spinosissima* L. fruit. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 152:2, 216-218.
- Novruzov, E. N. (2005). Pigments of species in the genus *Rosa* and their chemotaxonomic value. *Acta Horticulturae*, 690, 225-230. doi: 10.17660/ActaHortic.2005.690.34.

- Nowak, R. (2005). Fatty acids composition in fruits of wild rose species. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 74(3), 229-235.
- Nurafifah, F., Chuah, A. L. and Wahida, M. A. P. F. (2018). Drying of *Plectranthus amboinicus* (Lour) spreng leaves by using oven dryer. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 11(4), 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.08.002>
- Ochoa, M. R., Kessler, A. G., Pirone, B. N., Márquez, C. A. and De Michelis, A. (2002a). Volume and area shrinkage of whole sour cherry fruits (*Prunus cerasus*) during dehydration. *Drying Technology*, 20(1), 147-156. <https://doi.org/10.1081/DRT-120001371>.
- Ochoa, M. R., Kessler, A. G., Pirone, B. N., Márquez, C. A. and De Michelis, A. (2002b). Shrinkage during convective drying of whole rose hip (*Rosa rubiginosa* L.) fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 35(5), 400-406. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0861>.
- Ochoa, M. R., Kessler, A. G., Pirone, B. N., Márquez, C. A. and De Michelis, A. (2007). Analysis of shrinkage phenomenon of whole sweet cherry fruits (*Prunus avium*) during convective dehydration with very simple models. *Journal of Food Engineering*, 79:2, 657-661. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.025>.
- Odabaş, H. (2019). Siyah Kuşburnu (*Rosa Pimpinellifolia* L.) Meyvesinden, Sulu İki Faz Sistemiyle Antosiyanin, Ekstraksiyonu Ve Mikroenkapsülasyonu, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi, Samsun 2019.
- Odabaş, H. İ. and Koca, I. (2020). Process for production of microencapsulated anthocyanin pigments from *Rosa pimpinellifolia* L. fruits: optimization of aqueous two-phase extraction, microencapsulation by spray and freeze-drying, and storage stability evaluation. *International Journal of Food Engineering*, 16(9). <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0057>.
- Odabaş, H. İ. and Koca, I. (2021). Simultaneous separation and preliminary purification of anthocyanins from *Rosa pimpinellifolia* L. fruits by microwave assisted aqueous two-phase extraction. *Food and Bioprocess Processing*, 125, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.11.007>.
- Ohaco E., Pirone B., Ochoa M., Kessler A., Márquez C. and De Michelis A. (2005a). Color retention and drying kinetic during convective dehydration of rose hip fruits (*Rosa eglandaria*). *Enpromer 2005*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Ohaco, E. H., Ichiyama, B., Lozano, J. E. and De Michelis, A. (2015b). Rehydration of *Rosa rubiginosa* fruits dried with hot air. *Drying Technology*, 33:6, 696-703. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.981638>.
- Öz, M. (2016). *Rosa pimpinellifolia* L. ve *Rosa canina* L. kuşburnu türlerinin çiçek, yaprak, gövde ve meyvelerinde uçucu yağ analizleri ve biyolojik aktiviteleri. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 192, Trabzon.
- Öz, M., Baltacı, C. ve Deniz, İ. (2018). Gümüşhane yöresi kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyvelerinin C vitamini ve şeker analizleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 284-292. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.327635>.
- Özbey, A., Öncül, N., Tokatlı, K., Yıldırım, M. ve Yıldırım, Z. (2017). Kuşburnu marmelatlarının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 358-365.
- Özdemir, F., Topuz, A. ve Karkacier, M. (1998). Kuşburnu pulunun marmelata işlenmesinde pişirme yöntemi ve formülasyonun marmelat kalitesine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1-2), 577-580.

- Özdemir, M. (2001). *Mathematical analysis of color changes and chemical parameters of roasted hazelnuts*. Ph.D. Thesis. İstanbul Technical University Institute of Science and Technology, İstanbul.
- Özdemir, N., Pashazadeh, H., Zannou, O. and Koca, I. (2022). Phytochemical content, and antioxidant activity, and volatile compounds associated with the aromatic property, of the vinegar produced from rosehip fruit (*Rosa canina* L.). *LWT*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112716>.
- Özgen, F. (2014). Elma kurutulmasında kullanılan konvektif tip bir kurutma sisteminin tasarımı. *Mühendis ve Makina*, 55(656), 42-49.
- Parveez, Z.M. and Alibas, I. (2021). The effect of different drying techniques on color parameters, ascorbic acid content, anthocyanin and antioxidant capacities of cornelian cherry. *Food Chemistry*, 364, 130358, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.130358>.
- Pashazadeh, H., Özdemir, N., Zannou, O. and Koca, I. (2021c). Antioxidant capacity, phytochemical compounds, and volatile compounds related to aromatic property of vinegar produced from black rosehip (*Rosa pimpinellifolia* L.) juice. *Food Bioscience*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101318>.
- Pashazadeh, H., Zannou, O., Galanakis, C. M., Aldawoud, T. M. S., Ibrahim, S. A. and Koca, I. (2021a). Optimization of drying process for *Rosa pimpinellifolia* L. fruit (black rose hips) based on bioactive compounds and modeling of drying process, *International Journal of Food Properties*, 24:1, 1367-1386, 10.1080/10942912.2021.1967384.
- Pashazadeh, H., Zannou, O., Odabaş, H. I. and Koca, I. (2021d). Antioxidant characteristics of *Rosa canina* and *Rosa pimpinellifolia* and teas prepared at different solid loads. *ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES-IOCENS'21*, 134.
- Pashazadeh, H., Zannou, O., Odabaş, H. I. and Koca, I. (2021b). Physico-chemical and bioactive characteristics of Rosehip (*Rosa* spp.) fruits. *ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES-IOCENS'21*, 136.
- Pashazadeh, H., Zannou, O. and Koca, I. (2021e). Modeling and optimization of drying conditions of dog rose for preparation of a functional tea. *Journal of Food Process Engineering*, 44(3). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13632>.
- Pashazadeh, H., Zannou, O. and Koca, I. (2020). Modeling of drying and rehydration kinetics of *Rosa pimpinellifolia* fruits: Toward formulation and optimization of a new tea with high antioxidant properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43(10). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13486>.
- Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., and Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>.
- Paunović, D., Kalušević, A., Petrović, T., Urošević, T., Djinović, D., Nedović, V. and Popović-Djordjević, J. (2019). Assessment of chemical and antioxidant properties of fresh and dried rosehip (*Rosa canina* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(1), 108-113. doi: 10.15835/nbha47111221.
- Pavkov, I., Stamenković, Z., Radojčin, M., Babić, M., Bikić, S., Mitrevski, V. and Lutovska, M., (2017). Convective and freeze drying of raspberry: Effect of experimental parameters on drying kinetics, physical properties and rehydration capacity. In *Proceedings of the INOPTeP 5th International Conference Sustainable Postharvest and Food Technologies*, Vršac, Serbia, 23–28 April 2017; pp. 261–266.

- Pirone, B.N., Ochoa, M. R., Kessler, A. G. and De Michelis, A. (2007). Chemical characterization and evolution of ascorbic acid concentration during dehydration of rosehip (*Rosa eglanteria*) fruits. *American Journal of Food Technology*, 2(5), 377-387.
- Polat, S., Guclu, G., Kelebek, H., Keskin, M. and Selli, S. (2022). Comparative elucidation of colour, volatile and phenolic profiles of black carrot (*Daucus carota* L.) pomace and powders prepared by five different drying methods. *Food Chemistry*, 369. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130941>.
- Polatoğlu, B. and Beşe, A. V. (2017). Convective drying of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L): drying kinetics and degradation of vitamin C. *Journal of Engineering Sciences*, 6(2), 406-414.
- Pramiu, P. V., Rizzi, R. L., do Prado, N. V., Coelho, S. R. M. and Bassinello, P. Z. (2015). Numerical modeling of chickpea (*Cicer arietinum*) hydration: The effects of temperature and low pressure. *Journal of Food Engineering*, 165, 112-123. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.05.020.
- Quintero, R.N. A., Demarchi, S. M. and Giner, S. A. (2014). Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(8), 1799-1804. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12486>.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
- Regnell, C.J. (1976). *İşlenmiş sebze ve meyvelerin kalite kontrolü ile ilgili analitik metodlar*. Bursa Gıda Kontrol Egit Aras Ens., Yayın no:2.
- Rhim, J. W. (2002). Kinetics of thermal degradation of anthocyanin pigment solutions driven from red flower cabbage. *Food Science and Biotechnology*, 11, 361- 364.
- Rhim, J.-W., Koh, S. and Kim, J-M. (2011). Effect of freezing temperature on rehydration and water vapor adsorption characteristics of freeze-dried rice porridge. *Journal of Food Engineering*, 104, 484-491, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.08.010>
- Russo, P., Adiletta, G. and Di Matteo, M. (2013). The influence of drying air temperature on the physical properties of dried and rehydrated eggplant. *Food and Bioprocess Technology*, 91(3), 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.10.005>.
- Sacilik, K., Elicin, A. K. and Unal, G. (2006). Drying kinetics of Üryani plum in a convective hot-air dryer. *Journal of Food Engineering*, 76(3), 362-368. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.031>.
- Samani, B. H., Gudarzi, H., Rostami, S., Lorigooini, Z., Esmaeili, Z. and Jamshidi-kia, F. (2018). Development and optimization of the new ultrasonic-infrared-vacuum dryer in drying *Kelussia odoratissima* and its comparison with conventional methods. *Industrial Crops and Products*, 123, 46-54. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.06.053.
- Saricaoglu, F. T., Atalar, I., Yilmaz, V. A., Odabas, H. I. and Gul, O. (2019). Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (*Rosa canina* L.) nectar. *Food Chemistry*, 282, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.002>.
- Schaefer, H. M., McGraw, K. and Catoni, C. (2008). Birds use fruit colour as honest signal of dietary antioxidant rewards. *Functional Ecology*, 22:2, 303-310. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01363.x>.
- Shih, M.-C., Kuo, C.-C. and Chiang, W. (2009). Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen

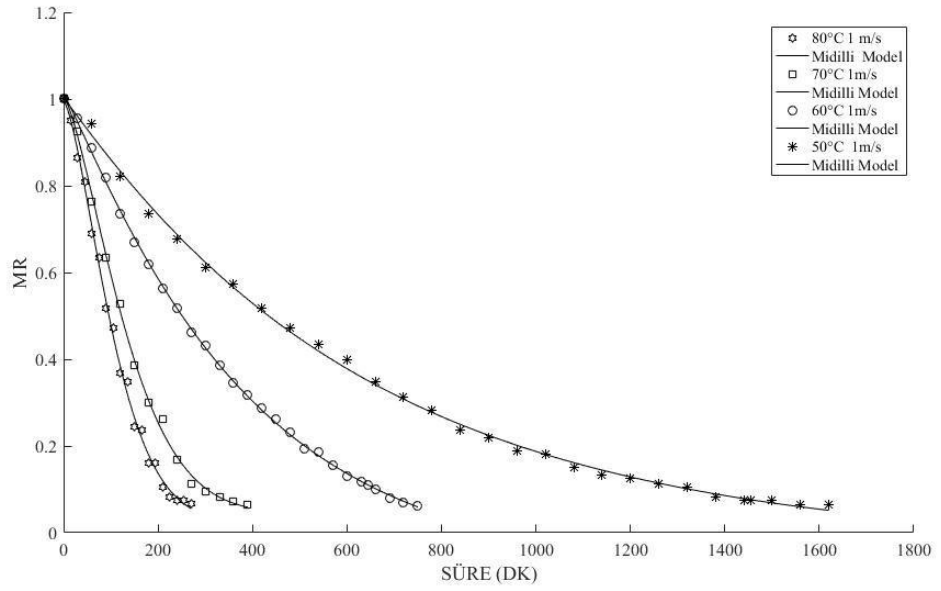
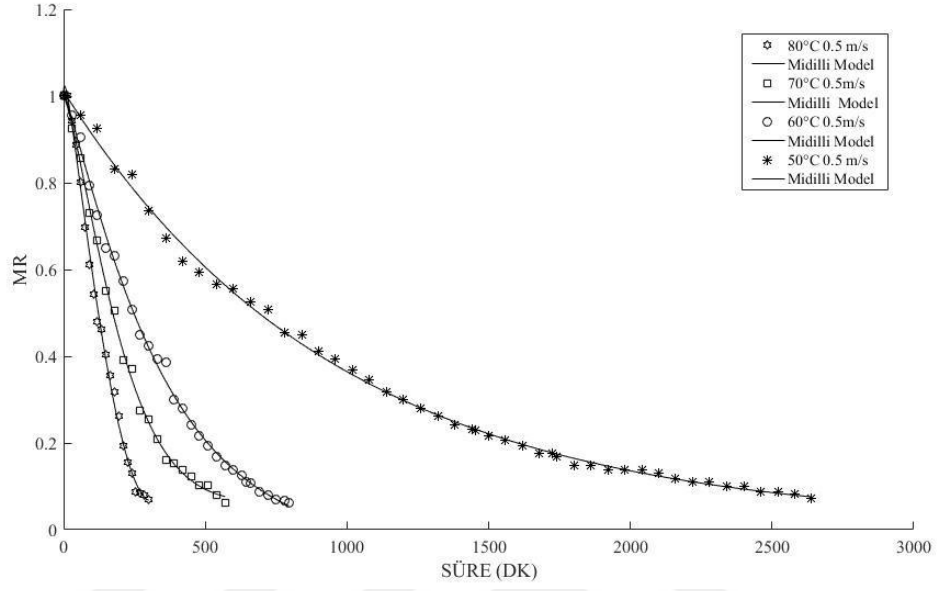
- lymphocytes of sweet potatoes. *Food Chemistry*, 117(1), 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.084>.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.R. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdicphosphothungstic acid. *American Journal Of Enology And Viticulture* 16: 144- 158.
- Sirokhman, I.V. (1981). Antioksidative properties of dog rose fruits. *Nauchnoissledovatel'skogo*, 14: 5-7.
- Solomon, W. K. (2007). Hydration kinetics of lupin (*Lupinus albus*) seeds. *Journal of Food Process Engineering*, 30(1), 119-130. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00098.x>.
- Spiro, M. and Chen, S. S. (1993). Rose-hip tea: equilibrium and kinetic study of L-askorbic acid extraction. *Food Chemistry*, 48(1), 39-45. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90218-5](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90218-5).
- Stamenković, Z., Pavkov, I., Radojčin, M., Tepić Horecki, A., Kešelj, K., Bursać Kovačević, D. and Putnik, P. (2019). Convective drying of fresh and frozen raspberries and change of their physical and nutritive properties. *Foods*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/foods8070251>.
- Steger, U. and Wallnofer, P. R. (1992). Vitamin C content in rose hips and fruit tea. *Ernahrungs Umschau*, 39(3), 102-104.
- Sun, Y., Shen, Y., Liu, D. and Ye, X. (2014). Effects of drying methods on phytochemical compounds and antioxidant activity of physiologically dropped un-matured citrus fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 1269–1275. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.001>.
- Şen, E. (2010). *Kuşburnu meyvesinin vakum ve mikrodalga tekniği ile kurutulması ve kuruma özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Ana Bilim Dalı, 61, Tokat.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Hawkins Byrne, D., (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 6–7, 669-675, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>.
- Toğrul, H. (2016). Suitable drying model for infrared drying of carrot. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 610-619. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.07.020>.
- Tontul, İ., Eroğlu, E., Topuz, A. (2019). Kırınım pencereleli kurutma ve sıcak hava akımında kurutma işlem şartlarının kuşburnu tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi. *GIDA*, 44(1), 1-9. <https://doi.org/10.15237/gida.GD18092>.
- Türkben, C., Çopur, U., Tamer, E. ve Şenel, Y., (1996). “Bursa yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnu (*Rosa spp.*) meyvelerinin bazı özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma”, *Gümüşhane Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Gümüşhane,s.809-814.
- Türkben, C., Uylaşer, V., İncedayı, B. and Çelikkol, I. (2010). Effects of different maturity periods and processes on nutritional components of rose hip (*Rosa canina* L.). *Journal of Food Agriculture & Environment*, 8(1), 26-30.
- Uggla, M. (1991). Development of rose hip cultivars and growing techniques for establishment of plantations. *Sveriges Lantbruksuniversitet*, 52–55.
- Valadez-Carmona, L., Plazola-Jacinto, C. P., Hernández-Ortega, M., Hernández-Navarro, M. D., Villarreal, F., Necoechea-Mondragón, H., Ortiz-Moreno, A. and Ceballos-Reyes, G. (2017). Effects of microwaves, hot air and freeze-drying on the phenolic compounds, antioxidant capacity, enzyme activity and microstructure of cacao pod husks

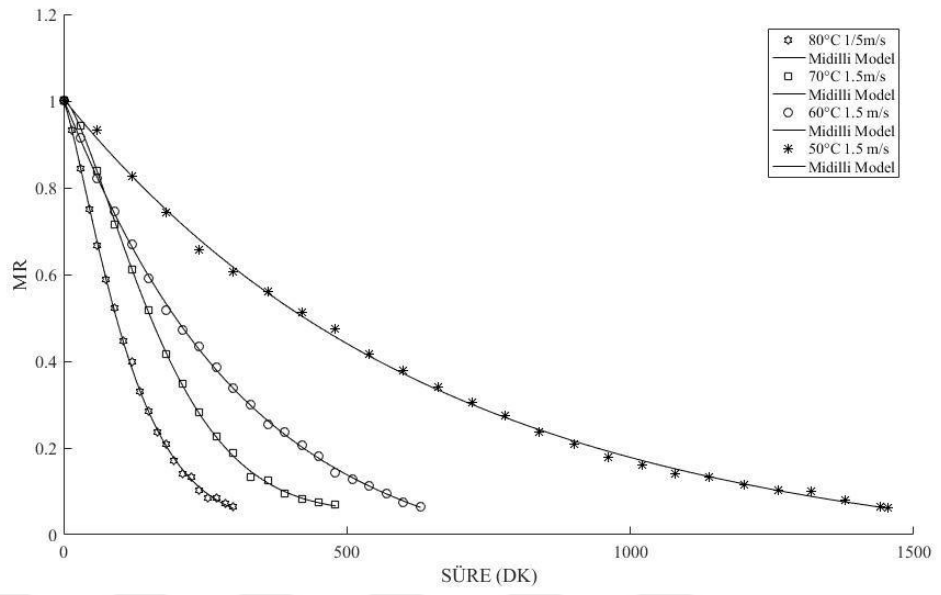
- (*Theobroma cacao* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 378-386. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.012>.
- Vega-Gálvez, A., Notte-cuello, E., Lemus-mondaca, R., Zura, L. and Miranda, M. (2009). Mathematical modelling of mass transfer during rehydration process of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Food and Bioproducts Processing*, 87(4), 254–260. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2008.10.004>.
- Vega-Gálvez, A., Notte-Cuello, E., Lemus-Mondaca, R., Zura, L. and Miranda, M. (2009). Mathematical modelling of mass transfer during rehydration process of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Food Bioproducts Processing*, 87(4), 254–260. doi: 10.1016/j.fbp.2008.10.004.
- Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M. M. and Barbosa-Canovas, G. V. (2001). Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 271-289. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00224-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00224-7).
- Wang, Y., Li, X., Chen, X., Li, B., Mao, X., Miao, J. and Zhao, C. (2018). Effects of hot air and microwave-assisted drying on drying kinetics, physicochemical properties, and energy consumption of chrysanthemum. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 129(April), 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.03.020>.
- Winwood, J. (1987). The living world of yogurt. *Food Manufacture*, 62: (6) 39-43.
- Wrolstad, R.E. (1976). Color and pigment analyses in fruit products. Oregon St. Univ. Agric. Exp.Stn. Bull. 624.
- Xiao, H.-W., Bai, J.-W., Xie, L., Sun, D.-W. and Gao, Z.-J. (2015). Thin-layer air impingement drying enhances drying rate of American ginseng (*Panax quinquefolium* L.) slices with quality attributes considered. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 581-591. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.08.008>
- Xiao, H.W. and Gao, Z.J. (2012). The application of scanning electronmicroscope (SEM) to study the microstructure changes in thefield of agricultural products drying. In: Viacheslav Kazmiruk(Ed.), *Scanning Electron Microscope*. INTECH Press, Croatia, pp. 213–2263 (Chapter 11).
- Yamankaradeniz, R. (1982). *Erzurum yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnunun bileşimi ve değerlendirme olanakları üzerine araştırmalar*. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yamankaradeniz, R. (1983). Kuşburnu (*Rosa ssp.*) değerlendirme olanakları. *Gıda*, 8(4), 157-162.
- Yılmaz, Ö. (2019). Atık Alüminyum İçecek Kutuları Kullanarak Grafen/Sic Takviyeli Kompozitlerin Üretimi Ve Mekanik Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Yolcu, H. (2010). *Kuşburnu pulpu üretiminde antioksidan özelliklerin değişimi*. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 87, Samsun.
- Zannou, O., Koca, I., Aldawoud, T. M. S. and Galanakis, C. M. (2020). Recovery and stabilization of anthocyanins and phenolic antioxidants of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) with hydrophilic deep eutectic solvents. *Molecules*, 25(16). <https://doi.org/10.3390/molecules25163715>
- Zannou, O., Pashazadeh, H., Ghellam, M., Hassan, A.M.A. and Koca, I. (2021). Optimization of drying temperature for the assessment of functional and physical characteristics of autumn olive berries. *Journal of Food Processing Preservation*, 45(9). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15658>

- Zannou, O.; Pashazadeh, H.; Ghellam, M.; Ibrahim, S.A.; Koca, I. Extraction of Anthocyanins from Borage (*Echium amoenum*) Flowers Using Choline Chloride and a Glycerol-Based, Deep Eutectic Solvent: Optimization, Antioxidant Activity, and In Vitro Bioavailability. *Molecules* **2022**, *27*, 134. <https://doi.org/10.3390/molecules27010134>
- Zhao, G., Hou, A., Gao, F., (1988). Study on the Change of Vitamin C Content of Rose Fruit During its Storage and Processing. *Journal of North East Forestry University*. China 16(2):102-105.
- Zhao, Y. Y., Yi, J. Y., Bi, J. F., Chen, Q. Q., Zhou, M. and Zhang, B. (2018). Improving of texture and rehydration properties by ultrasound pretreatment for infrared-dried shiitake mushroom slices. *Drying Technology*, 37(3), 352–362. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.14564>
- Zielinska, M., Sadowski, P. and Błaszczak, W. (2015). Combined hot air convective drying and microwave-vacuum drying of blueberries (*Vaccinium Corymbosum* L.): drying kinetics and quality characteristics. *Drying Technology*, 34(6), 665-684. doi: 10.1080/07373937.2015.1070358
- Zor, M. (2019). Kara kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyvesi ve çekirdeğinden elde edilen ekstraktların dondurma üretiminde kullanım olanakları. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 243, Erzurum.
- Zorić, Z., Dragović-Uzelac, V., Pedisić, S., Kurtanjek, Ž. and Garofulić, I. E. (2014). Kinetics of the degradation of anthocyanins, phenolic acids and flavonols during heat treatments of freeze-dried sour cherry Marasca paste. *Food Technology and Biotechnology*, 52(1), 101-108.

EKLER

Ek 1. Siyah kuşburnu meyvelerinin kuruma eğrileri





Ek 2. Kurutma Modellemesine Ait Katsayılar

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı	
Newton	50	0.5	'k =0.014915'
		1.0	'k =0.024075'
		1.5	'k =0.02454'
	60	0.5	'k =0.044773'
		1.0	'k =0.04498'
		1.5	'k =0.055367'
	70	0.5	'k =0.064801'
		1.0	'k =0.095333'
		1.5	'k =0.075362'
	80	0.5	'k =0.097112'
		1.0	'k =0.12338'
		1.5	'k =0.12198'
Page	50	0.5	'k =0.014457' "n =1.0072'
		1.0	'k =0.016783' 'n =1.0927'
		1.5	'k =0.016348' 'n =1.107'
	60	0.5	'k =0.02513' 'n =1.1795'
		1.0	'k =0.024244' 'n =1.1927'
		1.5	'k =0.037287' 'n =1.132'
	70	0.5	'k =0.032607' 'n =1.243'
		1.0	'k =0.042179' n =1.3302'
		1.5	'k =0.031092' "n =1.3303'
	80	0.5	'k =0.028153' 'n =1.5305'
		1.0	'k =0.047474' 'n =1.4429'
		1.5	'k =0.077968' 'n =1.1984'
Henderson ve pabis	50	0.5	'a =1.0123' 'k =0.015114'
		1.0	'a =1.0513' 'k =0.025328'
		1.5	'a =1.0533' 'k =0.025949'
	60	0.5	a =1.0658' 'k =0.047832'
		1.0	'a =1.068' 'k =0.048157'
		1.5	'a =1.0434' 'k =0.05791'
	70	0.5	'a =1.09' 'k =0.070795'
		1.0	'a =1.1004' 'k =0.10468'
		1.5	'a =1.1123' 'k =0.083832'
	80	0.5	'a =1.1378' 'k =0.11142'
		1.0	'a =1.106' 'k =0.13667'
		1.5	'a =1.0661' 'k =0.12985'

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı	
Logaritmik	50	0.5	'a =1.0041' 'b =0.015771' 'k =0.015781'
		1.0	'a =1.0583' 'b =-0.017137' 'k =0.024115'
		1.5	'a =1.0835' 'b =-0.049991' 'k =0.023034'
	60	0.5	'a =1.1308' 'b =-0.096911' 'k =0.038505'
		1.0	'a =1.1439' 'b =-0.11066' 'k =0.037808'
		1.5	'a =1.107' 'b =-0.091612' 'k =0.047204'
	70	0.5	'a =1.1263' 'b =-0.055755' 'k =0.062276'
		1.0	'a =1.1531' 'b =-0.080017' 'k =0.087137'
		1.5	'a =1.1707' 'b =-0.087' 'k =0.069229'
	80	0.5	'a =1.5297' 'b =-0.45277' 'k =0.058233'
		1.0	'a =1.3251' 'b =-0.26752' 'k =0.086151'
		1.5	'a =1.0812' 'b =-0.026188' 'k =0.12113'
Two-term	50	0.5	'a =1.0123' 'b =0.87077' 'g =11.483' 'k =0.015114'
		1.0	'a =-0.17585' 'b =1.0548' 'g =0.025411' 'k =1.8249'
		1.5	'a =391.7159' 'b =1.0537' 'g =0.025959' 'k =11.9338'
	60	0.5	'a =5.6615' 'b =-4.6398' 'g =0.075257' 'k =0.06803'
		1.0	'a =10.5115' 'b =-9.4962' 'g =0.076286' 'k =0.072076'
		1.5	'a =49.075' 'b =-47.9689' 'g =0.071006' 'k =0.070774'
	70	0.5	'a =1.2877' 'b =-0.29047' 'g =0.32322' 'k =0.081054'
		1.0	'a =-0.15303' 'b =1.1531' 'g =0.10964' 'k =20.7656'
		1.5	'a =1.5111' 'b =-0.50846' 'g =0.29099' 'k =0.104'
	80	0.5	'a =9.4528' 'b =-8.439' 'g =0.2229' 'k =0.19952'
		1.0	'a =-68.6527' 'b =69.6923' 'g =0.22713' 'k =0.22956'
		1.5	'a =-0.30029' 'b =1.2989' 'g =0.15029' 'k =0.48098'
Two-term exponential	50	0.5	'a =0.00034724' 'k =42.9343'
		1.0	'a =0.00023361' 'k =103.013'
		1.5	'a =1.5943' 'k =0.030898'
	60	0.5	'a =0.00015019' 'k =297.9484'
		1.0	'a =1.7308' 'k =0.061136'
		1.5	'a =0.00022164' 'k =249.7297'
	70	0.5	'a =0.00012656' 'k =511.9149'
		1.0	'a =1.9099' 'k =0.14237'
		1.5	'a =1.9195' 'k =0.1138'
	80	0.5	'a =2.0558' 'k =0.16096'
		1.0	'a =1.9797' 'k =0.19327'
		1.5	'a =1.7667' 'k =0.16803'

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı	
Wang ve Singh	50	0.5	'a =-0.012068''b =4.085e-05'
		1.0	'a =-0.018093''b =8.6337e-05'
		1.5	'a =-0.019466''b =0.00010449'
	60	0.5	'a =-0.034485''b =0.00031809'
		1.0	'a =-0.034552''b =0.00031816'
		1.5	'a =-0.043138''b =0.00050454'
	70	0.5	'a =-0.050981''b =0.00070456'
		1.0	'a =-0.07284''b =0.0013957'
		1.5	'a =-0.058296''b =0.00090313'
	80	0.5	'a =-0.069451''b =0.0010279'
		1.0	'a =-0.092171''b =0.0021227'
		1.5	'a =-0.091729''b =0.0021986'
Approximation of Diffusion'	50	0.5	'a =0.99599''b =0.50125''k =0.015047''t =0.39989'
		1.0	'a =1.0584''b =7.1172 ''k =0.024114''t =7.135'
		1.5	'a =1.0835''b =-4.445''k =0.023033''t =-5.0031'
	60	0.5	'a =1.1322''b =0.70906''k =0.035194''t =0.69534'
		1.0	'a =1.1438''b =2.6214''k =0.037866''t =2.693'
		1.5	'a =1.1081''b =0.16183''k =0.045133''t =0.26682'
	70	0.5	'a =1.1264''b =3.6078''k =0.062222''t =3.6183'
		1.0	'a =1.1301''b =0.016625''k =0.074106''t =0.012744'
		1.5	'a =1.1754''b =10.871''k =0.068162''t =0.83564'
	80	0.5	'a =1.5297''b =1.5946''k =0.058221''t =1.688'
		1.0	'a =1.3249''b =1.4715''k =0.08618''t =1.5397'
		1.5	'a =1.0601''b =5.6226''k =0.10974''t =0.26745'
'Verma	50	0.5	'a =1''g =-0.055413''k =0.014971'
		1.0	'a =-0.40231''g =0.028847''k =0.050948'
		1.5	'a =19.7806''g =0.033564''k =0.032993'
	60	0.5	'a =10.397''g =0.074508''k =0.070423'
		1.0	'a =-5.7671''g =0.072323''k =0.079766'
		1.5	'a =-3.0802''g =0.080672''k =0.092877'
	70	0.5	'a =-0.28999''g =0.081124''k =0.3176'
		1.0	'a =6.683''g =0.045168''k =0.050658'
		1.5	'a =-0.15807''g =0.087321''k =20.7704'
	80	0.5	'a =15.1963''g =0.22051''k =0.20573'
		1.0	'a =13.6648''g =0.26463''k =0.24644'
		1.5	'a =1.3004''g =0.47696''k =0.15035'

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı	
Logistic	50	0.5	'a =12593.7183''b =12749.2911''k =0.015114'
		1.0	'a =4.2059''b =5.3472''k =0.02784'
		1.5	'a =3.301''b =4.4116''k =0.029318'
	60	0.5	'a =1.2754''b =2.305''k =0.062135'
		1.0	'a =1.1455''b =2.1697''k =0.063903'
		1.5	'a =1.574''b =2.5769''k =0.072763'
	70	0.5	'a =1.1105''b =2.1858''k =0.095141'
		1.0	'a =0.5962''b =1.6302''k =0.16138'
		1.5	'a =0.69991''b =1.7643''k =0.12446'
	80	0.5	'a =0.33182''b =1.3801''k =0.20495'
		1.0	'a =0.35692''b =1.3727''k =0.2447'
		1.5	'a =1.1959''b =2.2369''k =0.17158'
Aghabashlo	50	0.5	'g =6.9644e-06' 'k =0.014924'
		1.0	'g =-0.0016366' 'k =0.021843'
		1.5	'g =-0.0022813' 'k =0.021694'
	60	0.5	'g =-0.0063208' 'k =0.036698'
		1.0	'g =-0.0067395' 'k =0.036411'
		1.5	'g =-0.0063089' 'k =0.047392'
	70	0.5	'g =-0.0095758' 'k =0.052784'
		1.0	'g =-0.018437' 'k =0.071599'
		1.5	'g =-0.014701' 'k =0.056864'
	80	0.5	'g =-0.032322' 'k =0.060541'
		1.0	'g =-0.033606' 'k =0.082844'
		1.5	'g =-0.014042' 'k =0.10309'
modified page1	50	0.5	'k =0.014457' 'n =1.0072'
		1.0	'k =0.016783' 'n =1.0927'
		1.5	'k =0.024327' 'n =1.107'
	60	0.5	'k =0.044021' 'n =1.1795'
		1.0	'k =0.044212' 'n =1.1927'
		1.5	'k =0.037287' 'n =1.132'
	70	0.5	'k =0.06367' 'n =1.243'
		1.0	'k =0.042179' 'n =1.3302'
		1.5	'k =0.073603' 'n =1.3303'
	80	0.5	'k =0.097037' 'n =1.5305'
		1.0	'k =0.12098' 'n =1.4429'
		1.5	'k =0.11895' 'n =1.1984'

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı	
modifiye Page	50	0.5	'b =0.017988' 'k =0.015463' 'n =1.0055'
		1.0	'b =0.0073951' 'k =0.017053' 'n =1.0953'
		1.5	'b =0.0021687' 'k =0.016514' 'n =1.1062'
	60	0.5	'b =-0.0076072' 'k =0.024334' 'n =1.1815'
		1.0	'b =-0.0098047' 'k =0.023232' 'n =1.1956'
		1.5	'b =-0.013887' 'k =0.035059' 'n =1.1372'
	70	0.5	'b =0.027531' 'k =0.035198' 'n =1.2503'
		1.0	'b =0.017418' 'k =0.043813' 'n =1.3406'
		1.5	'b =0.024958' 'k =0.033193' 'n =1.3394'
	80	0.5	'b =0.0098312' 'k =0.02964' 'n =1.5228'
		1.0	'b =-0.00095258' 'k =0.047288' 'n =1.4432'
		1.5	'b =0.021109' 'k =0.080629' 'n =1.2185'
modifiye midilli	50	0.5	'a =1.0074''b =0.01401''k =0.016087' 'n =0.99498'
		1.0	'a =1.0323''b =-0.0056776''k =0.020668' 'n =1.0428'
		1.5	'a =1.1322''b =-0.081786''k =0.0274''n =0.94421'
	60	0.5	'a =1.0719''b =-0.055069''k =0.031861''n =1.0762'
		1.0	'a =1.0733''b =-0.059277''k =0.030437''n =1.0887'
		1.5	'a =1.0741''b =-0.067016''k =0.043342''n =1.0397'
	70	0.5	'a =0.94373''b =0.056403''k =0.02575''n =1.3788'
		1.0	'a =0.95395''b =0.037749''k =0.033837''n =1.4571'
		1.5	'a =0.96437''b =0.042369''k =0.027157''n =1.4247'
	80	0.5	'a =1.062''b =-0.037438''k =0.035587''n =1.4115'
		1.0	'a =0.98954''b =0.0061163''k =0.045517''n =1.4665'
		1.5	'a =0.95438''b =0.03819''k =0.065136''n =1.3225'
Midilli	50	0.5	'a =1.0209''b =6.853e-05''k =0.015858''n =0.99546'
		1.0	'a =1.0244''b =-1.7687e-05''k =0.020095''n =1.0519'
		1.5	'a =1.0473''b =-0.00050134''k =0.027573''n =0.9618'
	60	0.5	'a =1.0159''b =-0.00069123' 'k =0.032111''n =1.0886'
		1.0	'a =1.0132''b =-0.00076537''k =0.030789''n =1.1006'
		1.5	'a =1.0064''b =-0.0010303''k =0.044397''n =1.0506'
	70	0.5	'a =1.0021''b =0.0012909''k =0.02672''n =1.3468'
		1.0	'a =0.99255''b =0.001276''k =0.034475''n =1.4359'
		1.5	'a =1.0075''b =0.001166''k =0.027686''n =1.4038'
	80	0.5	'a =1.0246''b =-0.0013809''k =0.0355''n =1.4228'
		1.0	'a =0.99559''b =0.00030745''k =0.045484''n =1.4651'
		1.5	'a =0.9936''b =0.0014955''k =0.065514''n =1.3028'

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı			
Modifiye Henderson and Pabis	50	0.5	'a =0.12253' 'g =0.014843'	'b =0.99199' 'h =0.085903	'c=0.039561 'k =8.563'
		1.0	'a =-0.13511' 'g =11.2279'	'b =14.9366' 'h =0.025416'	'c =1.055' 'k =1.5447'
		1.5	'a =-1.8885' 'g =0.022577'	'b =2.8492' 'h =0.044403'	'c =0.10484' 'k =0.02144'
	60	0.5	'a =2.1797' 'g =0.087965'	'b =-1.162' 'h =21.1338'	'c =-0.018932' 'k =0.06267'
		1.0	'a =1.2298' 'g =0.018925'	'b =1.38' 'h =0.016756'	'c =-1.5769' 'k =0.035201'
		1.5	'a =-6.8722' 'g =0.081449'	'b =7.881' 'h =7.2932'	'c =0.013737' 'k =0.08669'
	70	0.5	'a =1.2802' 'g =21.0903'	'b =0.012917' 'h =0.34337'	'c =-0.29302' 'k =0.080825'
		1.0	'a =-0.0085488' 'g =0.1433'	'b =22.3643' 'h =0.14664'	'c =-21.3056' 'k =-0.040074'
		1.5	'a =0.54607' 'g =0.041426'	'b =-22.4628' 'h =0.041943'	'c =23.1109' 'k =0.15829'
	80	0.5	'a =0.56625' 'g =0.52674'	'b =309.3067' 'h =0.52805'	'c =-308.6239' 'k =0.063932'
		1.0	'a =-0.35672' 'g =0.13246'	'b =-14.1454' 'h =0.13477'	'c =15.5338' 'k =0.46731'
		1.5	'a =1.0286' 'g =20.4107'	'b =-0.11179' 'h =0.1356'	'c =0.08326' 'k =0.13536'
Modifiye logistic	50	0.5	'a =1.1753' 'k =0.044825	'b =2.2118' 'n =0.83933'	'f =0.020614'
		1.0	'a =0.69718' 'k =0.08422'	'b =1.7892'	'f =-0.0037009'
		1.5	'a =1.3875' 'k =0.062228'	'b =2.6975'	'f =-0.064882'
	60	0.5	'a =7688.3436' 'k =0.014938'	'b =6995.6461' 'n =1.3556'	'f =0.041922'
		1.0	'a =7.4717e-07' 'k =10.4298'	'b =1.1244' 'n =0.10125'	'f =-0.14036'
		1.5	'a =2164.702' 'k =0.033679'	'b =2146.5912' 'n =1.1522'	'f =0.0093588'
	70	0.5	'a =-7323.9809' 'k =0.031896'	'b =-7181.9442' 'n =1.2917'	'f =0.038039'
		1.0	'a =1.2148' 'k =0.078933'	'b =2.1247' 'n =1.2453'	'f =0.04' 'k
		1.5	'a =1.071' 'k =0.068501'	'b =2.0041' 'n =1.2109'	'f =0.045748'
	80	0.5	'a =5963.7196' 'k =0.0080045'	'b =4606.1739' 'n =2.1727'	'f =0.13719''k
		1.0	'a =0.58564' 'k =0.17918'	'b =1.609' 'n =-0.067336'	'f =0.00054349'
		1.5	'a =0.93959' 'k =0.15897'	'b =1.862' 'n =1.0929'	'f =0.040051'

EK 3.Rehidrasyon verilerinin modellemesinin istatistiksel analizinin sonuçları

Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı	R ²	RMSE	χ^2
Firstorderkinetic 20°C	50	0.5	0.93634	0.04456	0.001986
		1.0	0.951469	0.0471	0.002218
		1.5	0.916477	0.03935	0.001549
	60	0.5	0.935088	0.056037	0.00314
		1.0	0.957012	0.041509	0.001723
		1.5	0.894028	0.053933	0.002909
	70	0.5	0.922158	0.054712	0.002993
		1.0	0.871855	0.050999	0.002601
		1.5	0.918885	0.050207	0.002521
	80	0.5	0.892178	0.057262	0.003279
		1.0	0.903415	0.056482	0.00319
		1.5	0.888571	0.054661	0.002988
Weibull 20°C	50	0.5	0.95218	0.039683	0.001575
		1.0	0.955366	0.046407	0.002154
		1.5	0.923239	0.038765	0.001503
	60	0.5	0.935157	0.057542	0.003311
		1.0	0.957293	0.042506	0.001807
		1.5	0.90071	0.053636	0.002877
	70	0.5	0.923639	0.055674	0.0031
		1.0	0.874516	0.051849	0.0027
		1.5	0.919975	0.051235	0.0026
	80	0.5	0.892341	0.058786	0.003456
		1.0	0.906804	0.057002	0.003249
		1.5	0.893508	0.0549	0.003014
Firstorderkinetic 40°C	50	0.5	0.98029	0.027597	0.000762
		1.0	0.990752	0.020161	0.000406
		1.5	0.973872	0.018791	0.000353
	60	0.5	0.986161	0.028721	0.000825
		1.0	0.973371	0.035194	0.001239
		1.5	0.971162	0.029567	0.000874
	70	0.5	0.977754	0.033156	0.001099
		1.0	0.976372	0.030253	0.000915
		1.5	0.972975	0.025848	0.000668
	80	0.5	0.960189	0.041345	0.001709
		1.0	0.978982	0.033997	0.001156
		1.5	0.978049	0.032338	0.001046
Weibull 40°C	50	0.5	0.983176	0.026236	0.000688
		1.0	0.991879	0.019441	0.000378
		1.5	0.976264	0.01843	0.00034
	60	0.5	0.986643	0.029035	0.000843
		1.0	0.982439	0.029409	0.000865
		1.5	0.971233	0.030387	0.000923
	70	0.5	0.985308	0.027727	0.000769
		1.0	0.984759	0.025002	0.000625
		1.5	0.973039	0.026566	0.000706
	80	0.5	0.975568	0.033329	0.001111
		1.0	0.985301	0.029255	0.000856
		1.5	0.980089	0.031691	0.001004
Firstorderkinetic 60°C	50	0.5	0.970109	0.042395	0.001797
		1.0	0.969205	0.041549	0.001726
		1.5	0.973327	0.028094	0.000789
	60	0.5	0.978178	0.043049	0.001853
		1.0	0.976967	0.037509	0.001407
		1.5	0.97543	0.031445	0.000989
	70	0.5	0.981466	0.034946	0.001221
		1.0	0.968961	0.046518	0.002164
		1.5	0.978508	0.040994	0.00168
		0.5	0.973559	0.037229	0.001386

Weibull 60°C	80	1.0	0.977033	0.038959	0.001518
		1.5	0.975571	0.047335	0.002241
	50	0.5	0.979085	0.037039	0.001372
		1.0	0.98414	0.031143	0.00097
		1.5	0.984967	0.022029	0.000485
	60	0.5	0.978742	0.044378	0.001969
		1.0	0.97697	0.039175	0.001535
		1.5	0.978887	0.030446	0.000927
	70	0.5	0.981028	0.036929	0.001364
		1.0	0.975102	0.043516	0.001894
		1.5	0.978642	0.042683	0.001822
	80	0.5	0.985909	0.028386	0.000806
		1.0	0.980548	0.037448	0.001402
		1.5	0.9800	0.044734	0.002001

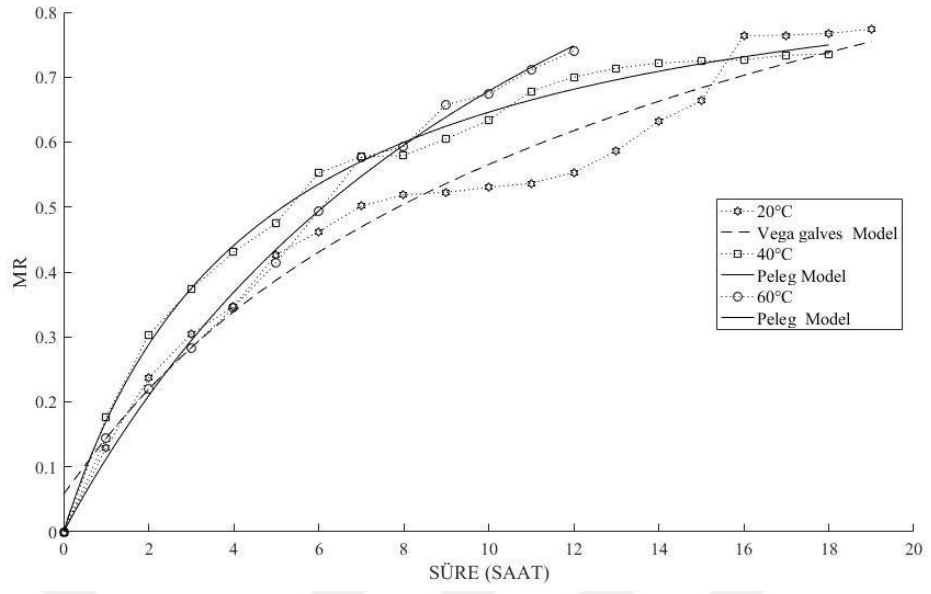


Ek 4. Rehidrasyon Modellemesine Ait Katsayılar

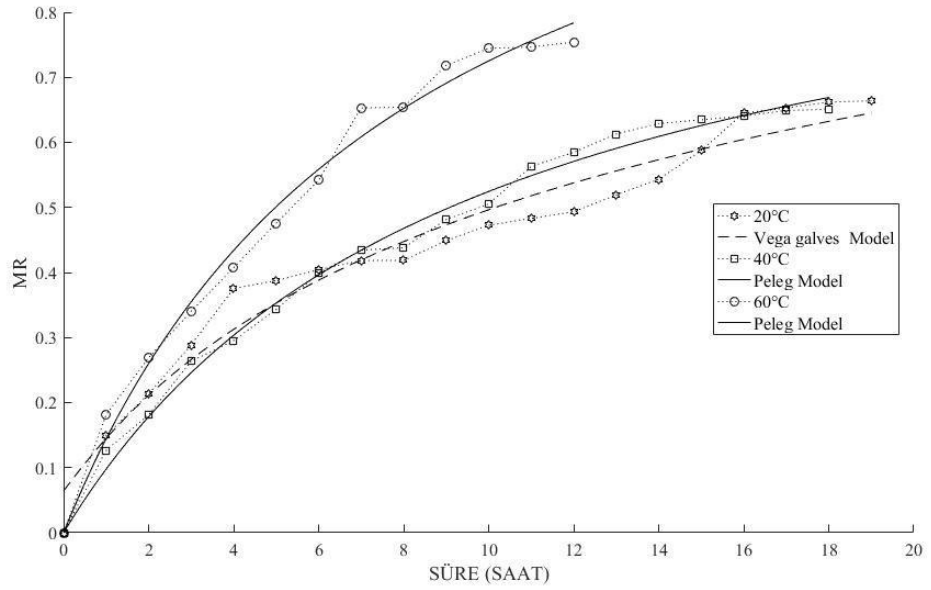
Modeller	Sıcaklık (°C)	Hava hızı	
Peleg Model (20 °C)	50	0.5	'a =7.8541"b =1.1843
		1.0	'a =8.0361"b =0.93239'
		1.5	'a =14.3304"b =1.3576'
	60	0.5	'a =12.2245"b =0.68141'
		1.0	'a =11.0042"b =0.86522'
		1.5	'a =11.4606"b =1.1026'
	70	0.5	'a =14.8793"b =0.70645'
		1.0	'a =16.954"b =1.1211'
		1.5	'a =16.6419"b =0.77677'
	80	0.5	'a =15.2386" b =0.85914'
		1.0	'a =17.9285"b =0.6602'
		1.5	'a =22.1788"b =0.63455'
Vega galves (20 °C)	50	0.5	'a =1.6201"b =3.228' k =0.41872'
		1.0	'a =2.047"b =3.5656' k =0.42512'
		1.5	'a =46.1894"b =6.6774" k =0.12915'
	60	0.5	'a =1175.5424"b =9.6884" k =0.093436'
		1.0	'a =6.0494"b =4.6506" k =0.25879'
		1.5	'a =2422.4453"b =10.2813" k =0.07229'
	70	0.5	'a =3094.129"b =10.8166" k =0.083774
		1.0	'a =5013.4617"b =11.3105" k =0.069097'
		1.5	'a =3201.866"b =10.948" k =0.082327
	80	0.5	'a =3355.2448"b =10.8503" k =0.077433
		1.0	'a =6507.6549"b =11.6979" k =0.078491'
		1.5	'a =37233.694"b =13.5995" k =0.067207'
Firstorderkinetic(20°C)	50	0.5	'a =0.14883'
		1.0	'a =0.13993'
		1.5	'a =0.12693'
	60	0.5	'a =0.11662'
		1.0	'a =0.13747'
		1.5	'a =0.13823'
	70	0.5	'a =0.11856'
		1.0	'a =0.12302'
		1.5	'a =0.11729'
	80	0.5	'a =0.12081'
		1.0	'a =0.11534'
		1.5	'a =0.1099'
Weibul (20 °C)	50	0.5	'a =0.81778' 'b =6.4185'
		1.0	'a =0.90312' 'b =7.0126'
		1.5	'a =0.87335' 'b =7.6984'
	60	0.5	'a =1.0145' 'b =8.5897'
		1.0	'a =1.0298' 'b =7.3147'
		1.5	'a =0.86891"b =6.998'
	70	0.5	'a =1.0714' 'b =8.5132'
		1.0	'a =0.9127' 'b =7.9973'
		1.5	'a =1.0606' 'b =8.5919'
	80	0.5	'a =0.97747"b =8.2465'
		1.0	'a =1.1145' 'b =8.7927'
		1.5	'a =1.1402' 'b =9.2255'
Peleg Model (40 °C)	50	0.5	'a =9.2617' b =0.98019'
		1.0	'a =4.8093' b =1.067'
		1.5	'a =13.6361"b =1.6993'
	60	0.5	'a =5.9478' b =0.8508'
		1.0	'a =10.1147' b =0.823'
		1.5	'a =10.0895"b =1.085'
	70	0.5	'a =8.9497' 'b =0.83579'
		1.0	'a =12.1688' 'b =0.85231'
		1.5	'a =9.8168' 'b =1.2615'

Vega galves (40 °C)	80	0.5	'a =13.2777' 'b =0.71055'
		1.0	'a =7.6232' 'b =0.83925'
		1.5	'a =9.8458' 'b =0.79695'
	50	0.5	'a =1.2918' 'b =3.7848' 'k=0.5966'
		1.0	'a=0.93103' 'b=3.2823' 'k=0.91818'
		1.5	'a =1.0302' 'b =3.4501' 'k =0.45299'
	60	0.5	'a =1.3039' 'b =3.5322' 'k=0.71548'
		1.0	'a =1.6148' 'b =4.1456' 'k=0.55787'
		1.5	'a =1.9968' 'b =3.7033' 'k=0.39163'
Firstorderkinetic (40 °C)	70	0.5	'a =1.4876' 'b =3.997' 'k=0.60041'
		1.0	'a =1.7603' 'b =4.3076' 'k=0.50089'
		1.5	'a =1.2537' 'b =3.384' 'k=0.4892'
	80	0.5	'a =3.6323' 'b =4.7759' 'k=0.36072'
		1.0	'a =1.282' 'b =4.003' 'k=0.71747'
		1.5	'a =2.5169' 'b =4.0758' 'k=0.4135'
	50	0.5	'a =0.16719'
		1.0	'a =0.2246'
		1.5	'a =0.1528'
Weibul (40 °C)	60	0.5	'a =0.18667'
		1.0	'a =0.15469'
		1.5	'a =0.15491'
	70	0.5	'a =0.16374'
		1.0	'a =0.14254'
		1.5	'a =0.1725'
	80	0.5	'a =0.13632'
		1.0	'a =0.17485'
		1.5	'a =0.13737'
Peleg Model (60 °C)	50	0.5	'a =1.103' 'b =6.1061'
		1.0	'a =0.94054' 'b =4.3783'
		1.5	'a =0.9209' 'b =6.4373'
	60	0.5	'a =1.041' 'b =5.408'
		1.0	'a =1.1939' 'b =6.6701'
		1.5	'a =0.98535' 'b =6.4355'
	70	0.5	'a =1.1774' 'b =6.3068'
		1.0	'a =1.1807' 'b =7.1934'
		1.5	'a =0.98584' 'b =5.7764'
Vega galves (60 °C)	80	0.5	'a =1.2629' 'b =7.5803'
		1.0	'a =1.1619' 'b =5.8973'
		1.5	'a =1.0842' 'b =7.3627'
	50	0.5	'a =6.1725' 'b =0.76151'
		1.0	'a =8.2585' 'b =0.648'
		1.5	'a =10.4061' 'b =0.96912'
	60	0.5	'a =3.2209' 'b =0.76514'
		1.0	'a =5.1917' 'b =0.80087'
		1.5	'a =8.8453' 'b =0.81613'
Vega galves (60 °C)	70	0.5	'a =4.8031' 'b =0.78852'
		1.0	'a =6.7531' 'b =0.62133'
		1.5	'a =4.7264' 'b =0.70079'
	80	0.5	'a =7.6031' 'b =0.74492'
		1.0	'a =5.5269' 'b =0.7374'
		1.5	'a =4.7271' 'b =0.63071'
Vega galves (60 °C)	50	0.5	'a =1.4619' 'b =3.7545' 'k=0.70002'
		1.0	'a =2.048' 'b =4.2353' 'k=0.56051'
		1.5	'a =1.2227' 'b =4.062' 'k=0.62897'
	60	0.5	'a =1.3775' 'b =3.015' 'k=0.84048'
		1.0	'a =1.6971' 'b =3.3455' 'k=0.59478'
		1.5	'a =2.1724' 'b =4.0397' 'k=0.47098'
	70	0.5	'a =1.5417' 'b =3.3085' 'k=0.66677'
		1.0	'a =2.4522' 'b =4.0143' 'k=0.51913'
		1.5	'a =1.8866' 'b =3.4035' 'k=0.60788'

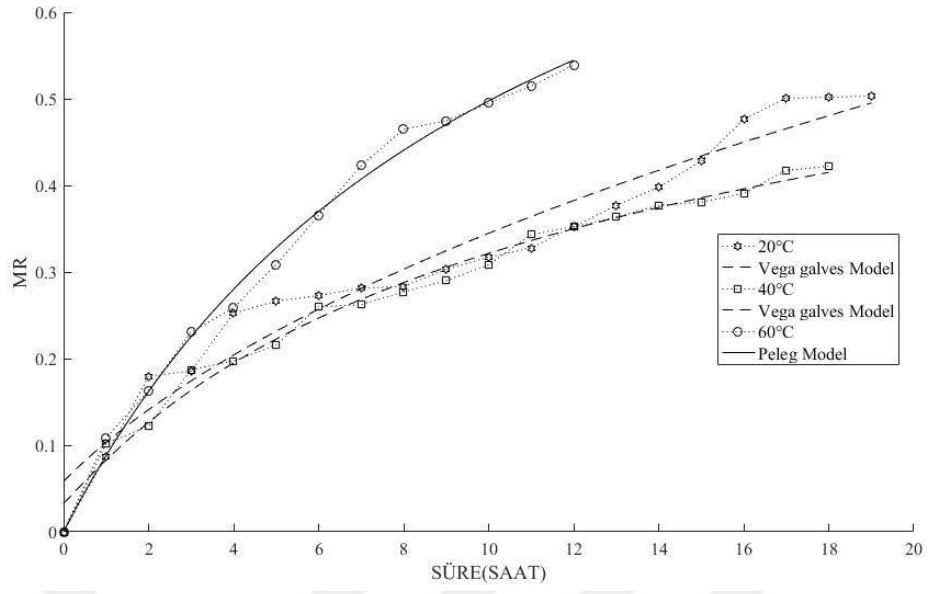
	80	0.5	'a =1.5262"b =4.0281"k=0.65788'
		1.0	'a =1.6056"b =3.5774' k=0.66158
		1.5	'a =1.8444' b =3.6089"k=0.67813'
Firstorderkinetic(60 °C)	50	0.5	'a =0.23604'
		1.0	'a =0.19619'
		1.5	'a =0.20488'
	60	0.5	'a =0.28015'
		1.0	'a =0.28015'
		1.5	'a =0.18587'
	70	0.5	'a =0.23022'
		1.0	'a =0.20359'
		1.5	'a =0.22284'
	80	0.5	'a =0.21291'
		1.0	'a =0.23131'
		1.5	'a =0.23231'
Weibul(60 °C)	50	0.5	'a =1.2055' 'b =4.3958'
		1.0	'a =1.2658' 'b =5.2458'
		1.5	'a =1.2304' 'b =5.022'
	60	0.5	'a =0.95576' 'b =3.5262'
		1.0	'a =0.9971' 'b =4.4941'
		1.5	'a =1.1137' 'b =5.4412'
	70	0.5	'a =1.0055' 'b =4.3156'
		1.0	'a =1.1541' 'b =4.9217'
		1.5	'a =1.0215' 'b =4.5052'
	80	0.5	'a =1.2401' 'b =4.8532'
		1.0	'a =1.1201' 'b =4.4197'
		1.5	'a =1.1367' 'b =4.4125'



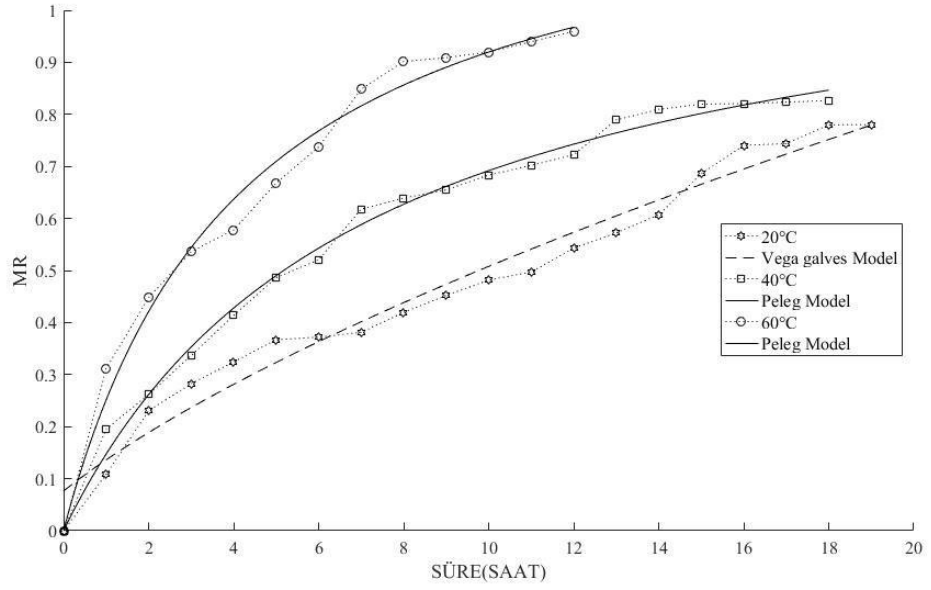
Ek 5. 50°C ve 0.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



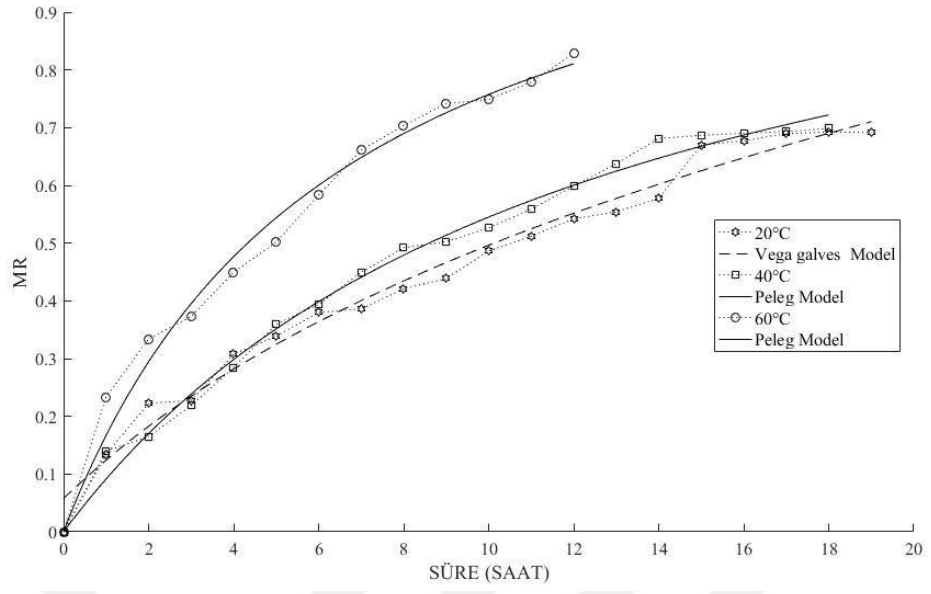
Ek 6. 50°C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



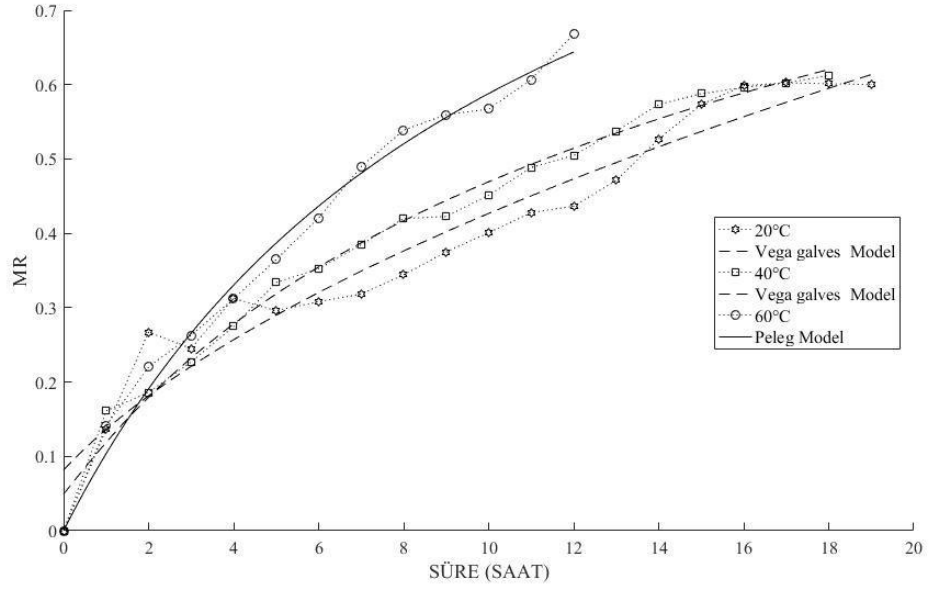
Ek 7. 50°C ve 1.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



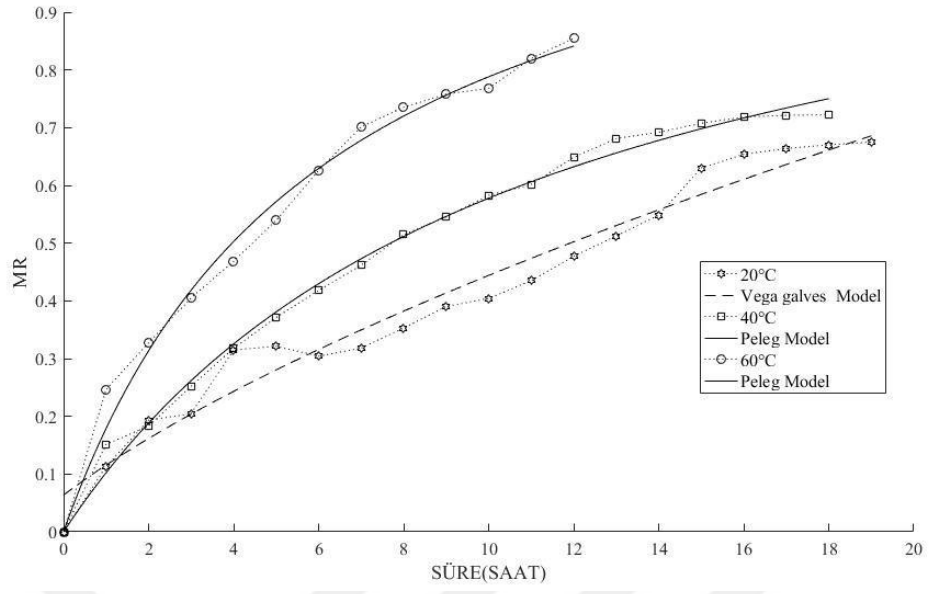
Ek 8. 60°C ve 0.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



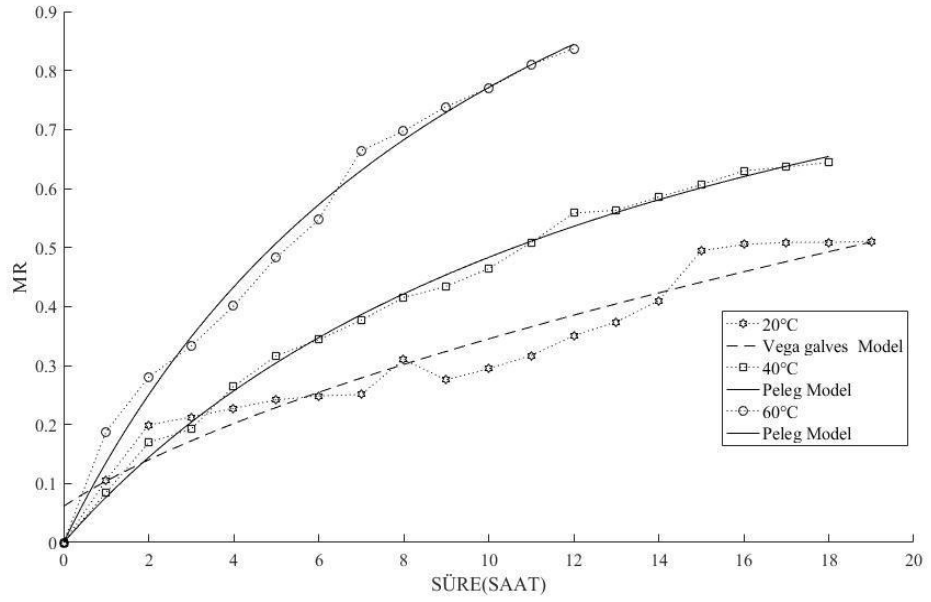
Ek 9.60°C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



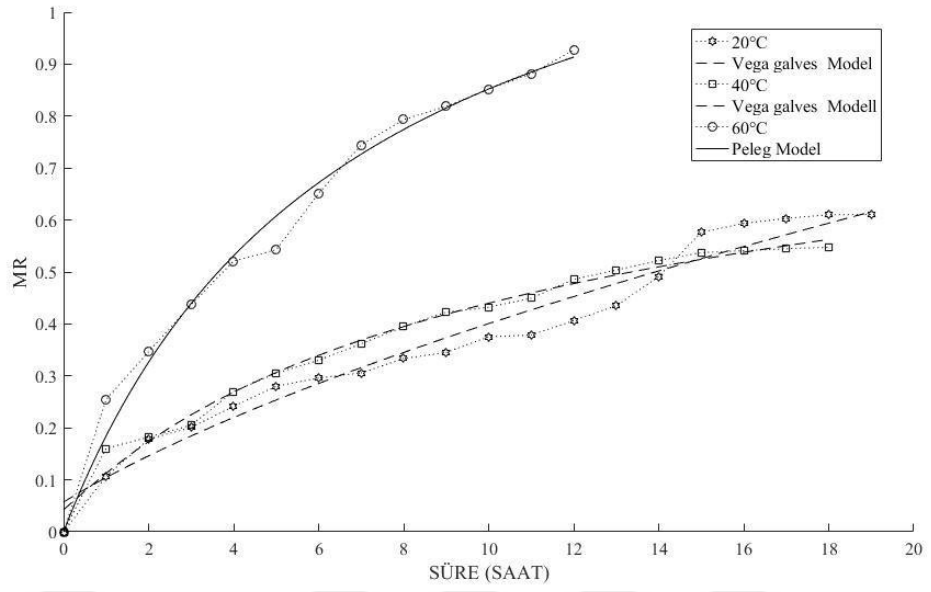
Ek10.60°C ve 1.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



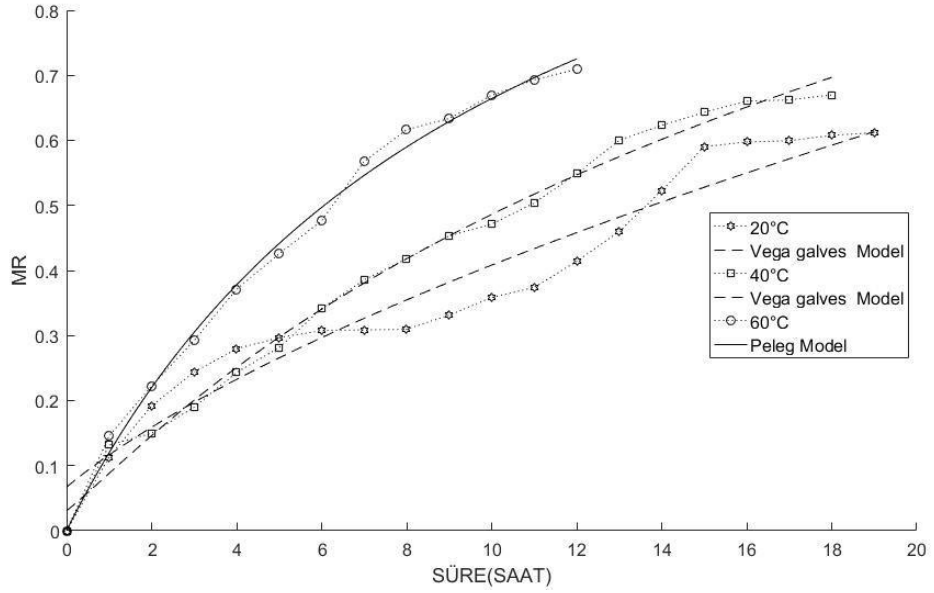
Ek 11. 70°C ve 0.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



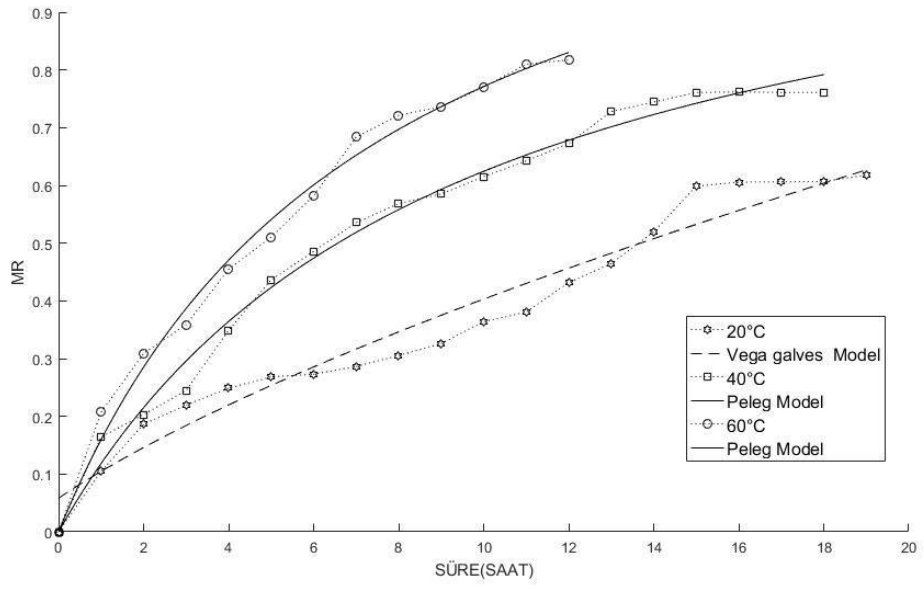
Ek 12. 70°C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



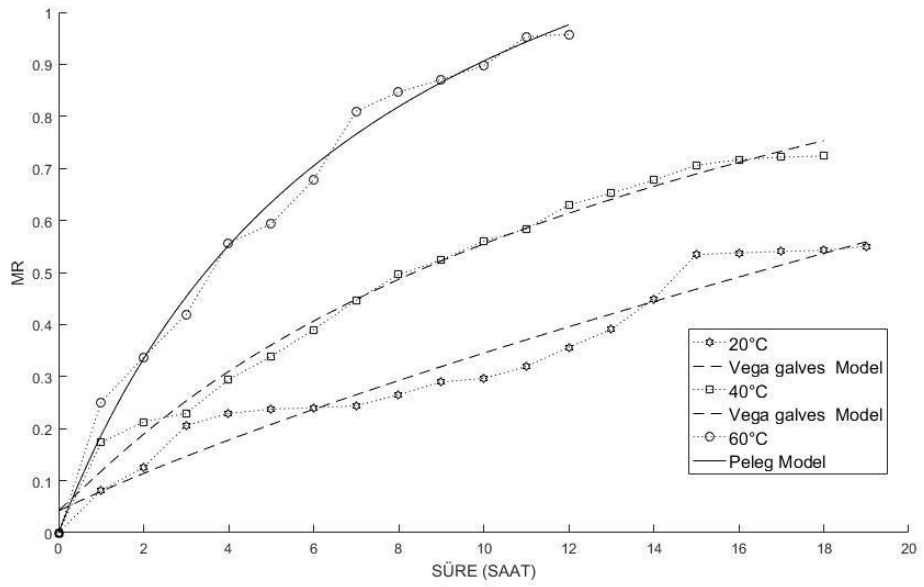
Ek 13.70°C ve 1.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Ek 14.80°C ve 0.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Ek 15. 80°C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Ek 16. 80°C ve 1.5 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı

ÖZ GEÇMİŞ

Adı ve Soyadı

Hojjat PASHAZADEH

Anadil

Azerice

Yabancı dil

Farsça, İngilizce

Öğrenim Bilgisi

Doktora

2015-2022, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Samsun, Türkiye.

Yüksek Lisans

2012-2015, Ataturk Üniversitesi Gıda Mühendisliği. Erzurum, Türkiye.

Lisans

2007-2011, University of shahid behshti /University of Afagh.Orumiye, İran.

İletişim Bilgileri

ORCID ID

<https://orcid.org/0000-0001-8932-8165>

Yayınlar

SCI, SSCI VE AHCI İNDEKSLERİNE GİREN DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER

Zannou, O., Pashazadeh, H., Ibrahim, S.A., Koca, I., Galanakis, G.M., (2022). Green and highly extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from kinkeliba (*Combretum micranthum* G. Don) by natural deep eutectic solvents (NADESs) using maceration, ultrasound-assisted extraction and homogenate-assisted extraction, *Arabian Journal of Chemistry*, Volume 15, Issue 5, 2022, 103752, ISSN 1878-5352, <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103752>.

Özdemir, N., Pashazadeh, H., Zannou, O. and Koca, I. (2022). Phytochemical content, and antioxidant activity, and volatile compounds associated with the aromatic property, of the vinegar produced from rosehip fruit (*Rosa canina* L.). *LWT*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112716>.

Zannou, O., Pashazadeh, H., Ghellam, M., Hassan, A.M.A. and Koca, I. (2021). Optimization of drying temperature for the assessment of functional and physical characteristics of autumn olive berries. *Journal of Food Processing Preservation*, 45(9). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15658>

Pashazadeh, H., Özdemir, N., Zannou, O. and Koca, I. (2021c). Antioxidant capacity, phytochemical compounds, and volatile compounds related to aromatic property of vinegar

produced from black rosehip (*Rosa pimpinellifolia* L.) juice. *Food Bioscience*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101318>.

Zannou, O., Pashazadeh, H., Ghellam, M., Hassan, A.M.A. and Koca, I. (2021). Optimization of drying temperature for the assessment of functional and physical characteristics of autumn olive berries. *Journal of Food Processing Preservation*, 45(9). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15658>

Pashazadeh H, Zannou O, Ghellam M, Koca I, Galanakis CM, Aldawoud TMS. Optimization and Encapsulation of Phenolic Compounds Extracted from Maize Waste by Freeze-Drying, Spray-Drying, and Microwave-Drying Using Maltodextrin. *Foods*. 2021; 10(6):1396. <https://doi.org/10.3390/foods10061396>

Ghellam M, Zannou O, Pashazadeh H, Galanakis CM, Aldawoud TMS, Ibrahim SA, Koca I. Optimization of Osmotic Dehydration of Autumn Olive Berries Using Response Surface Methodology. *Foods*. 2021; 10(5):1075. <https://doi.org/10.3390/foods10051075>

Pashazadeh, H., Zannou, O., Galanakis, C. M., Aldawoud, T. M. S., Ibrahim, S. A. and Koca, I. (2021a). Optimization of drying process for *Rosa pimpinellifolia* L. fruit (black rose hips) based on bioactive compounds and modeling of drying process, *International Journal of Food Properties*, 24:1, 1367-1386, [10.1080/10942912.2021.1967384](https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1967384)

Pashazadeh, H., Zannou, O. and Koca, I. (2021e). Modeling and optimization of drying conditions of dog rose for preparation of a functional tea. *Journal of Food Process Engineering*, 44(3). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13632>.

Pashazadeh, H., Zannou, O. and Koca, I. (2020). Modeling of drying and rehydration kinetics of *Rosa pimpinellifolia* fruits: Toward formulation and optimization of a new tea with high antioxidant properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43(10). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13486>.

DİĞER DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER

Tekgüler, B. , Koca, İ. , Karadeniz, B. , Zannou, O. & Pashazadeh, H. (2021). Antioxidant Properties and Monoterpene Composition of 13 Different Pine Resin Samples from Turkey . *Commagene Journal of Biology* , 5 (2) , 208-213 . DOI: 10.31594/commagene.1022495.

Pashazadeh , H., Ertugay, MF., (2017).Preparation of honey tablet by vacuum cooking ,*International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* 2 (10),2017.

ULUSLARARASI KONFERANS SUNUMU

Pashazadeh, H., Zannou, O., Odabaş, H.I., Koca, I.,(2020).Antioxidant characteristics of *Rosa canina* and *Rosa pimpinellifolia* and teas prepared at different solid loads,2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020.

Pashazadeh, H., Zannou, O., Odabaş, H.I., Koca, I.,(2020).Physico-chemical and antioxidant characteristics of three varieties of rosehips,2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020.

Zannou, O., Ghellam, M., Pashazadeh, H., Koca, I.,(2020).Total Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Some Common Herbal Teas Used in Benin Republics,2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020.

Zannou, O., Özkan, A., Pashazadeh, H., Tunç, M.T., Koca, I.,(2020).Antioxidant Properties of Gülhatmi(*Alceaapterocarpa(Fenzl) Boiss*), 2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020.

Ndisanze, M.A., Pashazadeh, H., Ghelam, M., Koca, I.,(2020).Comparative study on antioxidant specifications of tree tomato cultivated in Rwanda and those cultivated in Turkey,2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020.

Ndisanze, M.A., Pashazadeh, H., Ghelam, M., Koca, I.,(2020).Review on antioxidant and biomedical aspects of Guava (*Psidium guajava*),2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020.

Taşci, B., Pashazadeh, H., Koca, I.,(2019). Health Benefits of Ellagic Acid,3rd International and 26th National Iranian Food Science and Technology Congress, NCFOODI26_968,2019 Tahrán.

Pashazadeh, H., Taşci, B., Koca, I.,(2019).The Quality of the Processed Honey,3rd International and 26th National Iranian Food Science and Technology Congress, NCFOODI26_968,2019 Tahrán.

KONFERANS BİLDİRİSİ

Awadalgeed, M. A H., Zannou, O., Pashazadeh, H., Koca, I., (2020).Traditional Uses of Medicinal Plants Consumed in Sudan, 2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020

Awadalgeed, M. A H., Zannou, O., Pashazadeh, H., Koca, I., (2020). The Importance of Sudanese Gum Arabic in Food Processing ,2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020

Zannou, O., Özkan, A., Pashazadeh, H., Koca, I., (2020). Marshmallow and Human Health,2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18 - 20 November 2020.

Asal Ulus, C., Pashazadeh, H., Taşci, B., I Koca, I.,(2019). Hazelnut and Its Health Effects,3rd International and 26th National Iranian Food Science and Technology Congress, NCFOODI26_968,2019 Tahrán.

Asal Ulus, C., Pashazadeh, H., Taşci, B., I Koca, I.,(2019). Production and Composition of Tarhana, 3rd International and 26th National Iranian Food Science and Technology Congress, NCFOODI26_968,2019 Tahrán.