

***RHEUM RİBES (IŞKIN)* BİTKİSİNİN KURUTMA
KOŞULLARININ YÜZEY TEPKİME YÖNTEMİ İLE
OPTİMİZASYONU VE KURUTMA İŞLEMİNİN
MATEMATİKSEL MODELLENMESİ**

Pınar ŞAHİN DİLMENLER



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***RHEUM RİBES* (IŞKIN) BİTKİSİNİN KURUTMA KOŞULLARININ YÜZEY
TEPKİME YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU VE KURUTMA İŞLEMİNİN
MATEMATİKSEL MODELLENMESİ**

Pınar ŞAHİN DİLMENLER
0000-0002-3194-9687

Dr. Öğr. Üyesi Perihan YOLCI ÖMEROĞLU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

RHEUM RİBES (IŞKIN) BİTKİSİNİN KURUTMA KOŞULLARININ YÜZEY TEPKİME YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU VE KURUTMA İŞLEMİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Pınar ŞAHİN DİLMENLER

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Perihan YOLCI ÖMEROĞLU

Rheum ribes, *Polygonaceae* (kuzukulağıgiller) familyasından otsu bir bitkidir. Halk arasında, ‘ışgın, uçkun, dağ muzı, yayla muzı’ adları ile de bilinmektedir. *Rheum* cinsine ait Türkiye’de yetişen tek tür *Rheum ribes*’dir. Bu çalışmada, *Rheum ribes* (Işkın) bitkisinin ozmotik ön işlemlerin etkisinde 50 °C, 60 °C ve 70 °C’deki sıcaklıklarda konvansiyonel kurutma koşulları ve buna bağlı olarak değişen kalite parametreleri incelenmiştir. Ön işlem ve bağımsız değişken olarak 5 dakika, 20 dakika ve 35 dakika süresince %0, %5 ve %10 (w/w) tuzlu su ile muamele seçilmiştir. Matematiksel modelleme ile *Rheum ribes* bitkisinin kurutma davranışları incelenmiştir. Kurutma koşullarının yanıt yüzey metodu ile optimizasyonu kapsamında Box-Behnken deneme desenine göre 3 merkez nokta ve 12 kurutma koşuluyla 15 kurutma gerçekleştirilmiştir. Yüzey tepkime yöntemi (RSM) ile optimizasyon, kuruma kinetiği ve buna bağlı olarak değişen kalite parametreleri (toplam fenolik madde miktarı TFEM, renk analizi, duyu analizi, rehidrasyon analizi) araştırılmıştır. Işkın bitkisinin kurutma davranışı açıklayan model Page ve Modifiye Page modelleri olmuştur. Bağımlı değişkenlerden L* değeri, h° değeri, kuruma süresi, toplam fenolik madde miktarı, toplam kuruma hızı ve nem oranı değerleri model olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

Optimum koşul 70 °C’de, %3,489 tuz solüsyonunda 35 dakika muamele sonucu sıcak hava ile kurutma olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak L* değeri 50,726, h° değeri 89,852, kuruma süresi 210,85 dk, toplam fenolik madde içeriği 60,93 mgGAE/gKM, kuruma hızı 0,082 g su/g KM dk ve nem oranı 0,031 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Rheum ribes*, Kurutma, Modelleme, RSM, Ön işlem, Fonksiyonel Gıda.

2021, x + 114 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

OPTIMIZATION OF DRYING CONDITIONS OF *RHEUM RIBES* (IŞKIN) BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY AND MATHEMATICAL MODELING OF DRYING PROCESS

Pınar ŞAHİN DİLMENLER

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Dr. Perihan YOLCI ÖMEROĞLU

Rheum ribes is a herbaceous plant belonging to the *Polygonaceae* family. It is also known by the names of ‘ışgın, uçkun, dağ muzu, yayla muzu’ among the local people. The only species of *Rheum* genus grown in Turkey is *Rheum ribes*. In this study, convection drying conditions at 50 °C, 60 °C and 70 °C under the influence of osmotic pre-treatments of *Rheum ribes* (Işkın) plant and the quality parameters changing accordingly were investigated. Treatment with %0 %5 and %10 (w/w) salt solutions for 5 minutes, 20 minutes and 35 minutes was chosen as pre-treatment and independent variable. Drying behavior of *Rheum ribes* plant was investigated by mathematical modeling. Within the scope of the optimization of the drying conditions with the response surface method, 15 run was carried out according to the Box-Behnken experimental design with 3 center points and 12 drying conditions. Optimization with surface response method (RSM), drying kinetics and accordingly changing quality parameters (total phenolic content TPC, color analysis, sensory analysis, rehydration analysis) were investigated. The models explaining the drying behavior of *Rheum ribes* were Page and Modified Page models. L* value, h° value, drying time, total phenolic content, drying rate and moisture ratio values of the dependent variables were found to be significant as a model ($p < 0.01$). The optimum condition was determined as drying with hot air after 35 minutes of treatment in a 3.489% salt solution at 70°C. Accordingly, L* value was 50.726, h° value was 89.852, drying time was 210.85 min, total phenolic content was 60.93 mgGAE/g dm, the drying rate was found to be 0.082 g water/g dm min and the moisture ratio was 0.031.

Key words: *Rheum ribes*, Drying, Modeling, RSM, Pretreatment, Functional Food
2021, x+ 114 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime bilgi birikimiyle katkıda bulunan ve çalışmalarımın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçlanmasında beni yönlendiren, çalışkanlığı ile bana ilham olan, karşılaştığım zorluklar karşısında desteğini ve ilgisini esirgemeyen, değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Perihan YOLCI ÖMEROĞLU'na,

Analizler esnasında benimle ilgilenen, bilgi ve yardımlarını esirgmeden bana destek olan Arş. Gör. Azime Özkan KARABACAK'a, Arş. Gör. Ertürk BEKAR, Doç. Dr. Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE ve Dr. Öğr. Üyesi Oya Irmak CEBECİ'ye

Bana hayat ve mesleki tecrübeleriyle ışık tutan, yaşadığım zorluklar karşısında her zaman destek ve motivasyon sağlayan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU, Doç. Dr. Arzu AKPINAR BAYİZİT, Prof. Dr. Yasemin ŞAHAN, Prof. Dr. Canan Ece TAMER ve Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR'a,

Yüksek lisans eğitim boyunca yaşadığım zorluklarda benden desteklerini esirgemeyen Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü değerli çalışanları ve bölüm sekreterimiz Meryem TÜRKÖZ'e,

BUAP(Z)-2020/5 numaralı proje ile tezimi maddi olarak destekleyen B.U.Ü Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne,

Araştırmalarım boyunca benden arkadaşlıkları ve yardımlarını esirgemeyen, yaşadığım zorluklarda bana destek olan meslektaşlarım Gıda Yüksek Mühendisi Handan DİKYOKUŞ, Gıda Yüksek Mühendisi Gülnur GÜLKUN, Gıda Yüksek Mühendisi Büşra MADEN'e,

Hayat yolculuğumda üzerimde en fazla emeği olan, başarılarımda daha ileriye ulaşabilmemde koşulsuz sevgi ve destekleriyle yanımda olan annem ve ilk öğretmenim babama,

Bu zorlu süreçte her daim yanımda desteğini ve varlığını hissettiğim, başarılarımda en önemli paya sahip olan, her zorluğu birlikte aşma gücü bulmamı sağlayan meslektaşım, sevgili eşim ve hayat yoldaşım Yüksek Mühendis Mehmet DİLMENLER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Pınar ŞAHİN DİLMENLER

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. <i>Rheum ribes</i>	3
2.1.1. Farmakolojik Özellikler.....	3
2.1.2. Kimyasal Bileşimi.....	4
2.1.3. Kullanım Alanları.....	7
2.2. Kurutma.....	9
2.2.1. Kurutmada Meydana Gelen Değişimler.....	10
2.2.2. Kurutma Prosesinde Önilem Uygulamaları.....	11
2.2.3. Kurutma Modelleri.....	12
2.2.4. Rehidrasyon.....	15
2.3. Yüzey Yanıt Yöntemi.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Hammadde.....	17
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Kurutma Koşulları.....	17
3.2.2. Deneme Deseninin Oluşturulması.....	19
3.3. Analiz Metotları.....	20
3.3.1. Fenolik Madde Analizleri İçin Örnek Hazırlama ve Özütleme.....	20
3.3.2. Toplam Fenolik Madde (TFEM) Miktarı Analizi.....	21
3.3.3. Renk Analizi.....	22
3.3.4. Rehidrasyon Analizi.....	24
3.3.5. Kurutma Eğrileri ve Kurutma Hızının Hesaplanması.....	25
3.3.6. Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi.....	25
3.3.7. Duyusal Analiz.....	26
3.3.8. Yüzey Tepki Regresyon Analizi.....	27
3.3.9. İstatistiksel Analiz.....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1. Hammadde Analiz Değerleri.....	29
4.2. Kurutma Eğrileri ve Kuruma Hızları.....	30
4.3. Rehidrasyon Analizi Değerleri.....	37
4.4. Efektif Difüsite Değerleri.....	40
4.5. Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi.....	41
4.6. Duyusal Analiz Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	50
4.7. Toplam Fenolik Madde (TFEM) Değerleri.....	52
4.8. Renk Analizi Değerleri.....	53

4.9. Sonuçların Yüzey Yanıt Metodu (RSM) ile Değerlendirilmesi.....	55
4.9.1.Bağımsız Değişkenlerin Kuruma Süresi, Toplam Kuruma Hızı ve Nem Oranı Üzerine Etkisi.....	56
4.9.2. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Parametreler Üzerine Etkisi	63
4.9.3. Bağımsız Değişkenlerin Renk Parametreleri Üzerine Etkisi	74
4.9.4.Bağımsız Değişkenlerin Rehidrasyon Nem İçeriği Üzerine Etkisi.....	87
4.9.5. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Fenolik İçerik Üzerine Etkisi	94
4.10. Ön İşlemlerin Etkisinde Sıcak Hava ile Işkın Bitkisinin Kurutma Prosesinin Optimizasyonu	96
5. SONUÇ	98
KAYNAKLAR	100
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ	114

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
a*	(+) Kırmızılık, (-) Yeşillik
b*	(+) Sarılık, (-) Mavilik
a, b, c, g	Model Katsayıları
dk	Dakika
D _{eff}	Etkin Difüzyon Katsayısı (m ² /sn)
ΔE	Toplam Renk Değişimi
L	Litre
L*	Parlaklık
kg	Kilogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
ppm	Milyonda Bir
R ²	Belirleme Katsayısı

Kısaltmalar Açıklama

ANO	Ayrılabilir Nem Oranı
ANOVA	Varyans Analizi
DR	Kuruma Hızı
FAO	Food and Agriculture Organization
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
KM	Kuru Madde
PE	Pyrocatechol
RMSE	Tahmini Standart Hata (Root Mean Square Error)
RSM	Yüzey Yanıt Yöntemi
SD	Serbestlik Derecesi
TEAK	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite
TFEM	Toplam Fenolik Madde Miktarı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1.Araştırmada Kullanılan <i>Rheum ribes</i> Numuneleri.....	17
Şekil 3.2.Araştırmada Kullanılan Konvansiyonel Kurutma Fırını	18
Şekil 3.3.Kurutma Prosesindeki <i>Rheum ribes</i> Numuneleri.....	18
Şekil 3.4.Yüzük Şeklinde Dilimlenen Işkın Numuneleri.....	18
Şekil 3.5.Tuz Solüsyonunda Bekletilen Işkın Numuneleri	18
Şekil 3.6.Ultrasonik Su Banyosunda Özütleme Aşaması	21
Şekil 3.7.Santrifüj (Sigma 3 K 30).....	21
Şekil 3.8.Shimadzu UV-1700 Spektrofotometre, Tokyo, Japonya.....	22
Şekil 3.9.Konica Minolta CR-400 Serisi Renk Ölçer	23
Şekil 3.10.Rehidrasyon Analizinde Su Banyosundaki Örnekler	24
Şekil 3.11.Duyusal Analiz İçin Hazırlanan Kurutulmuş <i>Rheum ribes</i> Örnekleri.....	27
Şekil 4.1.Analiz Kapsamındaki <i>Rheum ribes</i> Örnekleri.....	32
Şekil 4.2.Farklı Kurutma Koşullarında Kurutulmuş Işkın Örneklerinin Nem İçeriği Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi	34
Şekil 4.3.Farklı Kurutma Koşullarında Kurutulmuş Işkın Örneklerinin Nem Oranlarının Zamana Bağlı Değişimi.....	35
Şekil 4.4.Farklı Kurutma Koşullarında Kurutulmuş Işkın Örneklerinin Kuruma Hızlarının Nem İçeriğine Bağlı Değişimi	36
Şekil 4.5. Rehidrasyon Analizdeki <i>Rheum ribes</i> Örnekleri (a) Rehidrasyon Öncesi (b) Rehidrasyon Sonrası	37
Şekil 4.6. 30 °C'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizi İçin Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi	39
Şekil 4.7. 45°C'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizi İçin Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi.....	39
Şekil 4.8. 60°C'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizi İçin Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi	40
Şekil 4.9. Efektif Difüsite Değerleri	41
Şekil 4.10.Bağımsız Değişkenlerin Kuruma Süresi Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği	57
Şekil 4.11.Kuruma Süresi İçin Kontur Grafikleri.....	58
Şekil 4.12. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Kuruma Hızı Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği	60
Şekil 4.13. Toplam Kuruma Hızı İçin Kontur Grafikleri.....	60
Şekil 4.14. Bağımsız Değişkenlerin Nem Oranı Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	62
Şekil 4.15. Nem Oranı İçin Kontur Grafikleri.....	62
Şekil 4.16. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Renk) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	65
Şekil 4.17. Duyusal Analiz İçin (Renk) Kontur Grafikleri.....	65
Şekil 4.18. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Koku) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	67
Şekil 4.19. Duyusal Analiz İçin (Koku) Kontur Grafikleri.....	67
Şekil 4.20. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Tat) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	69
Şekil 4.21. Duyusal Analiz İçin (Tat) Kontur Grafikleri.....	69

Şekil 4.22. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Görünüm) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	71
Şekil 4.23. Duyusal Analiz İçin (Görünüm) Kontur Grafikleri.....	71
Şekil 4.24. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Genel Beğeni) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	73
Şekil 4.25. Duyusal Analiz İçin (Genel Beğeni) Kontur Grafikleri.....	73
Şekil 4.26. Bağımsız Değişkenlerin L* Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	76
Şekil 4.27. L* Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	76
Şekil 4.28. Bağımsız Değişkenlerin a* Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	78
Şekil 4.29 a* Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	78
Şekil 4.30. Bağımsız Değişkenlerin b* Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	80
Şekil 4.31. b* Değeri Üzerine Kontur Grafikleri.....	80
Şekil 4.32. Bağımsız Değişkenlerin ΔE Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	82
Şekil 4.33. ΔE Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	82
Şekil 4.34. Bağımsız Değişkenlerin Chroma Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	84
Şekil 4.35. Chroma Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	84
Şekil 4.36. Bağımsız Değişkenlerin Hue Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	86
Şekil 4.37. Hue Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	86
Şekil 4.38. Bağımsız Değişkenlerin 30 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	89
Şekil 4.39. 30 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	89
Şekil 4.40. Bağımsız Değişkenlerin 45 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	91
Şekil 4.41. 45 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	91
Şekil 4.42. Bağımsız Değişkenlerin 60°C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	93
Şekil 4.43. 60 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri.....	93
Şekil 4.44. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Fenolik Madde Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği.....	96
Şekil 4.45. Toplam Fenolik İçeriğine Ait Kontur Grafikleri.....	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Sıcak Hava ile Konvansiyonel Kurutmada Bağımsız Değişkenlere Ait Sınır ve Seviye Değerleri.....	19
Çizelge 3.2. 3 Faktörlü Box-Benhken Deneme Deseni.....	20
Çizelge 3.3.Kurutmanın Matematiksel Modellenmesinde Kullanılan İnce Tabaka Modelleri.....	26
Çizelge 4.1. <i>Rheum ribes</i> Bitkisinin Kurutma Koşullarına Göre 30 °C, 45 °C ve 60 °C Rehidrasyon Sıcaklıkları İçin Son Nem İçeriği (MC), Rehidrasyon Kapasitesi (RC) ve Rehidrasyon Oranı (RR) Değerleri.....	38
Çizelge 4.2. <i>Rheum ribes</i> Bitkisi İçin Kuruma Kinetiğini Tanımlayan Modellere Ait Parametreler.....	43
Çizelge 4.3. Işkın Bitkisine Ait Duyusal Analiz Sonuçları.....	51
Çizelge 4.4. Işkın Bitkisine Ait Toplam Fenolik Madde Miktarları.....	53
Çizelge 4.5. <i>Rheum ribes</i> Bitkisine Ait Renk Analizi Sonuçları (L*, a*, b*).....	54
Çizelge 4.6. <i>Rheum ribes</i> Bitkisi Ait Renk Analizi Sonuçları (ΔE, Chroma, Hue)	55
Çizelge 4.7. Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri.....	56
Çizelge 4.8. Kuruma Süresi Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri...58	
Çizelge 4.9.Toplam Kuruma Hızı Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	61
Çizelge 4.10.Nem Oranı Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	63
Çizelge 4.11. Duyusal Parametreler İçin Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri.....	65
Çizelge 4.12. Duyusal Analiz Kapsamında Renk Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	66
Çizelge 4.13. Duyusal Analiz Kapsamında Koku Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	68
Çizelge 4.14. Duyusal Analiz Kapsamında Tat Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	70
Çizelge 4.15. Duyusal Analiz Kapsamında Görünüm Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	72
Çizelge 4.16. Duyusal Analiz Kapsamında Genel Beğeni Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	74
Çizelge 4.17. Renk Analizi Verileri İçin Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri.....	75
Çizelge 4.18. L* Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	77
Çizelge 4.19. a* Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri....	79
Çizelge 4.20.b* Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri....	81
Çizelge 4.21.ΔE Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri....	83
Çizelge 4.22.Chroma Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	85
Çizelge 4.23. Hue Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	87

Çizelge 4.24. Rehidrasyon Verileri İçin Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri.....	88
Çizelge 4.25.30°C’de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	90
Çizelge 4.26. 45°C’de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	92
Çizelge 4.27. 60°C’de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri.....	94
Çizelge 4.28. Toplam Fenolik Madde İçeriği Modelinin Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri.....	94
Çizelge 4.29. Toplam Fenolik Madde İçeriği Yanıtına Ait ANOVA Tablosu, Model Katsayıları ve Parametreleri.....	95

1. GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, dünya tarihinde çok çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. İlaç, gıda, baharat ve kozmetik alanlarında değerlendirilmişlerdir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin tedavi edici özellikleri araştırmacıların dikkatini en çok çeken alan olmuştur.

Dünya Sağlık Örgütüne göre günümüzde kullanılan farmasötik ilaçların %25'i tıbbi bitkilerden imal edilmektedir (WHO, 2013). Gıda ve Tarım Örgütü'ne göre Dünya genelinde satılan ilaçların % 30'u (FAO, 2005), gelişmekte olan ülkelerde ilaçların % 80'i bitki materyallerinden türetilen bileşikler ihtiva etmektedir (FAO, 2021). 2021 yılı TÜİK verilerine göre tıbbi ve aromatik bitkilerin ihracat değerleri 2001-2019 yılları arasında 143,6 milyon dolardan 1,02 milyar dolara, ithalat değeri ise 282,7 milyon dolar değerinden 1,36 milyar dolara yükselmiştir. 2021 yılı Uluslararası Ticaret İstatistikleri veri tabanına göre Dünya'da aynı yıllar arasında tıbbi ve aromatik bitkilerin ihracat değeri 48,7 milyar dolardan 207,5 milyar dolara, ithalat değeri ise 48,9 milyar dolardan 205,9 milyar dolara yükselmiştir (Comtrade, 2021;TÜİK, 2021; Boztas, Avcı, Arabacı ve Bayram, 2021).

Tıbbi özellikleri olan ışkın bitkisine Türkiye florasında Doğu Anadolu Bölgesi'nde sıklıkla rastlanılmaktadır (Yetiş ve Arslanoğlu, 2017). Bunun yanı sıra İran, Irak, Lübnan ve Filistin'i içeren alanda yabancı yetişme dağılımı göstermektedir (A. Doğan ve Tuzlacı, 2015). Işkın bitkisi genellikle her yıl sınırlı sürede Mayıs ayı gibi hasat edilmektedir (Dursun, 2016). Farklı bölgelerimizde yaprak sapının taze olarak veya pişirilerek tüketildiği bilinmektedir. Geleneksel halk tıbbında bu bitkinin sıklıkla değişik hastalıklar için kullanılması bu bitki üzerinde araştırmalar yapılmasına sebep olmuştur.

Tez araştırması kapsamında incelenen Polygonaceae (kuzukulağıgiller) familyasına ait olan yabancı ravent (*Rheum ribes*) bitkisi Türkiye'de yetişen ve tıbbi etkileri araştırma konusu olmuş bir bitkidir. Güncel çalışmalarla, *Rheum ribes*'in antioksidan (Taskin ve Bulut, 2019), anti-bakteriyel (Alaadin, Al-Khateeb ve Jäger, 2007), anti-trikomona (Naemi, Asghari, Yousofi ve Yousefi, 2014), anti-viral (Hudson, Lee, Sener ve Erdemoglu, 2000), anti-dayareik (Khiveh ve diğerleri, 2017), anti-fungal (Tartik, Darendelioglu, Aykutoglu ve Baydas, 2015), anti-diyabetik (Özbek, Ceylan, Kara,

Özgökçe ve Koyuncu, 2004), anti-hiperlipidemik, anti-hiperglisemik (Hamzeh, Farokhi, Heydari ve Manaffar, 2014) ve anti-kanserojen (Kirit ve diğerleri, 2020) özelliklerine sahip olduğu yapılan detaylı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalar, *Rheum ribes* bitkisinin yüksek fenolik madde içerdii ve serbest radikalleri bağladığı sonucunu çikarmış ve bu özellikleri sebebiyle fonksiyonel bir gıda (Bati ve diğerleri, 2020) ve gıda bileşeni (Meral, 2011) olarak değerlendirilmesi söz konusu olmuştur.

Ayrıca literatürde ışkının alüminyum, kalsiyum, demir, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor ve çinko gibi elementleri yüksek miktarda içerdiiğini belirten çalışmalar mevcuttur (Munzuroğlu, Karatas ve Gur, 2000).

Kurutma yöntemi, meyve ve sebzelerin daha uzun süre saklanabilmesine olanak vermesi buna ilaveten hacim ve ağırlık azalması sağladığı için de taşıma depolama ve paketleme maliyetlerini azaltması, başka ürünlerle karışımı daha kolay hale getirmesi sebebiyle de sıkça başvurulan yöntemlerden biri olmuştur Sıcak hava ile konvansiyonel kurutma sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Bunun yanı sıra bu teknikle kurutma sırasında yüksek sıcaklık ve oksijen varlığı, kimyasal reaksiyonları hızlandırarak, kurutulmuş ürünlerin kalite göstergelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Kurutma işleminin avantajının yanı sıra uygulanan ısıl işlem ile bitkisel ürünlerin içerdikleri bioaktif bileşenlerin degradasyonunun olduğu, renk ve duyuşal gibi kalite özelliklerinin de değişime uğradığı bilinmektedir (Mujumdar, 2019). Kurutma işleminde, gıdaların kalitesinin korunması, proses kaynaklı kayıpların en aza indirilmesi ve kurutma süresinin azaltılması için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri kurutma öncesi kurutulacak ürünü önişleme tabi tutmaktır. Önişlem olarak asidik, bazik, osmotik solüsyonlara daldırma, kısa süreli haşlama veya yenilebilir kaplama uygulaması yaygın olarak kullanılmakta ve üzerinde araştırmalar yapılmaktadır (Oliveira, Brandão ve Silva, 2016).

Yüzey tepkime yöntemi (RSM), proseslerin iyileştirilmesini, geliştirilmesini ve optimizasyonunu sağlamak için yararlanılan istatistiksel ve matematiksel tekniklerin bir kombinasyonudur. Bu yöntem ile süreçlerin optimizasyonu maliyetin düşmesine, hızlı ve verimli süreç gelişimine olanak sağladığı bilinmektedir. Yanıt yüzey yöntemi ile bağımsız değişkenlerin süreçler üzerindeki etkisi tek başına ya da kombinasyon halinde açıklanabilmektedir. Ayrıca, bağımsız değişkenler ve bağımlı değişkenler arasındaki

ilişkileri tanımlayan matematiksel bir modelde oluşturulabilmektedir. RSM yöntemi kurutma optimizasyonunu sağlamak adına kullanılabilecek etkin bir yöntemdir (Anderson ve Whitcomb, 2016).

Var olan literatür bilgileri ışığında, hakkında son yıllarda çok sayıda araştırma yapılmasına rağmen ışkın bitkisinin kurutulması hakkında yapılmış sınırlı sayıda çalışma vardır (Meral, 2017; Nikjooy ve Jahanshahi, 2014; Sharifi, Niakousari ve Rigi, 2020). Dolayısıyla bu araştırma ile ön işlemlerde dahil sıcak hava ile konvansiyonel kurutma koşullarının RSM ile optimizasyonu, bu optimizasyonu gerçekleştirirken özellikle fenolik bileşenlerin korunmasının dikkate alınması, kurutma işleminin matematiksel modellenmesi öncelikle amaçlanmıştır.

Tez kapsamında, farklı koşullarda ön işlemlere (%0, %5, %10 (w/w) tuzlu su çözeltisinde 5 dk, 20 dk ve 35 dk süreyle bekletme) ve kurutma sıcaklıklarına (50°C, 60°C, 70°C) maruz bırakılan *Rheum ribes* (Işkın) bitkisinin sıcak hava ile konvansiyonel kurutma işleminin RSM ile optimizasyonu ve modellenmesi, kuruma kinetiği ve buna bağlı olarak değişen kalite parametreleri (renk, duyuşal özellikler, toplam fenolik madde miktarı) araştırılmıştır. Kurutma işleminin ince tabaka yöntemi ile matematiksel modellenmesi de ayrıca gerçekleştirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. *Rheum ribes*

Rheum ribes, Polygonaceae (kuzukulağıgiller) ailesine ait kaya çıkıntılarında yetişen, yabani ve çok yıllık otsu bir bitkidir. Halk arasında, ‘ışgın, uçkun, dağ muzı, yayla muzı’ adları ile de tanınmaktadır (H. Doğan ve Meral, 2016). *Rheum* cinsine ait ülkemizde yetişen tek tür *Rheum ribes*’dir (Davis, 1970). Divan-ü Lügat-it Türk’te ‘ışgın: Şerbeti çiçek hastalığına iyi gelen çiçeği kırmızı bir ot’ olarak geçmektedir (Oturakçı, 2012). Türkiye’de Doğu Anadolu Bölgesi’nde sıklıkla ve bol miktarda yetişen bitkinin tadı yeşil elma ve kiviye benzemektedir. Sert, pullu ve filkulağı şeklinde yaprakları olan bitkinin yüzeyleri pürüzlüdür (Tuncer ve Günsan, 2017). Dünyada yetiştiği yerler Türkiye, Filistin, Lübnan, Irak ve İran coğrafyasıdır. Kayalık ve çorak bölgelerde 1800 - 2800 m yükseklikte gelişme gösterebilir (Yetiş ve Arslanoğlu, 2017).

2.1.1. Farmakolojik Özellikler

Tıbbi ve aromatik bir bitki olan *Rheum ribes*’in farklı hastalıkların üzerindeki tedavi edici etkisi çeşitli araştırmalarda incelenmiştir. Işkın bitkinin hiperglisemi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada kandaki yüksek glukozun 12. hafta sonunda %39.63 düzeyinde azaldığı raporlanmıştır (Adham ve Naqishbandi, 2015).

Helicobacter pylori enfeksiyonu mide florasına yerleşen bakterinin kendisi için elverişli koşulları oluşturmak adına ürettiği üreaz enzimi sebebiyle genellikle mide rahatsızlığı yaratan bir durumdur. Nabati ve arkadaşları (2012), 137 bitki üzerinde yaptıkları bir araştırmada üreaz enzim aktivitesi düşürmesi hedeflenmiş ve *Rheum ribes*’in %50 metanol-su ekstraksiyonunun üreaz enzimi aktivitesini düşürdüğü raporlanmıştır.

Işkın bitkisinin majör depresif bozukluk tedavisindeki etkisini incelemeyi amaçlayan bir çalışmada, İran bölgesinde yetişen bitkiler kullanılmıştır. Kurutulmuş özüt kapsüle edilip tek doz 400 mg olacak şekilde günde 3 sefer olarak 6 hafta boyunca deneklere verilmiştir. 4. ve 6. haftalarda özüt, plaseboya göre depresif belirtileri azaltmada önemli bir üstünlük

göstermiştir. Araştırmacılar bitki özütünün bazı anti depresif etkilerinin olabileceği sonucunu ortaya koymuşlardır (Sayyah, Boostani, Pakseresht ve Malayeri, 2009).

Hindistan'da yetişen *Rheum ribes* bitkisi üzerine yapılan bir araştırmada metanolik özütünün, ülserle karşı koruyucu özellik gösterdiği ve 200 mg/kg derişimindeki özütün, etkili düzeyde standart ilaçlar ikamesi olabileceği raporlanmıştır (Sindhu, Kumar, Kumar, Kumar ve Arora, 2010).

Rheum ribes bitkisinin (İran) %50 metanol ekstraksiyonunun Alzheimer hastalığı taşıyan sıçan modellerindeki bellek bozuklukları üzerindeki etkisi incelemiştir. 20 gün boyunca uygulanan bitkinin bellek bozuklukları üzerinde etkili olabileceği ortaya konulmuştur. (Zahedi ve diğerleri, 2015).

Rheum ribes (Muş) bitkisinin farklı ekstraksiyonlarının *in vivo* anti bakteriyel aktivitesini araştırılmış ve *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Enterobacter aerogenes* ve *Enterobacter cloacae* araştırma kapsamında seçilmiştir. Araştırmada; kök, sap, yaprak ve tohumlarından elde edilen kloroform, hekzan ve aseton özütünün test mikroorganizmalarına karşı anti mikrobiyal aktivite göstermediği, ancak etanol ve metanol özütleri *Bacillus subtilis* ATCC 6633 ve *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'e karşı antimikrobiyal açıdan etkili olduğu raporlanmıştır (Alan, Erbil ve Digrak, 2012).

2.1.2. Kimyasal Bileşimi

Antioksidanlar, serbest radikallerin dokulara yapışarak tahribat etmesini engellemek için okside olabilen bileşikler ile birleşerek oksidasyonunu önleyen veya nispeten azaltan önemli bileşiklerdir. Serbest radikallerin dokulara ve bağışıklık sistemine verdiği zarar sonucu kanser, damar sertliği, kalp krizi gibi hastalıklar oluşabilmektedir (Meral, Doğan ve Kanberoğlu, 2012). Bitkilerin antioksidan içerikleri farklı parametrelere bağlıdır. Gıda maddesinin cinsine, bulunduğu coğrafyaya, hasat zamanı ve hasat yöntemlerine, iklime, depolama ve saklama koşullarına göre farklı bioaktif bileşen miktarları oluşabilmektedir (Yılmaz, 2010). Sağlık bakımından değerlendirildiğinde önemli bioaktif bileşenler; E ve

C vitaminleri, karotenoidler ve fenolik maddelerdir. Polifenoller genelde bitkilerde bulunur ve bitkilerin renklenmelerinden, örneğin sonbahardaki yaprak renklerinden sorumludurlar. Polifenoller doğal antioksidanların en önemli grubunu oluşturmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı insan sağlığına muhtemel faydaları vardır. Antioksidan olan polifenollerin oksidatif stresi (reaktif oksijen ile meydana gelen stres) azaltmalarıyla kardiyovasküler hastalık ve kanser riskini de azalttığına dair bulgular vardır (Alhathloul, Soliman, Ameta, El-Esawi ve Elkelish, 2020). Bu bileşiklerin Alzheimer hastalığının başlangıcını da geciktirdiği gösterilmiştir (Zahedi ve diğerleri, 2015). Polifenolik bileşikler, hidroksil gruplarının sayısına ve düzenine bağlı olarak antioksidan görevi görür. Bu bileşikler; fenolik asitler, flavonoidler (flavonlar, izoflavonlar, flavonoller, flavononlar, flavanoller, antosiyaninler, hidrolize edilebilir tanenler ve proantosiyanidinler), stilbenler ve lignanları içerir (Apak, Capanoglu ve Shahidi, 2018). Metal şelatlama potansiyeli ayrıca demir ve bakır kaynaklı serbest radikal reaksiyonlara karşı korumada rol oynar (Gong, Sun, Yan, Jing ve Shi, 2018; Hernández, Alegre, Van Breusegem ve Munné-Bosch, 2009).

Rheum ribes bitkisinin toplam antioksidan aktivitesinin DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) metodu aracılığı ile belirlendiği çalışmada, Erzincan yöresinden toplanan bitkilerin % inhibisyonu gövdede %69,76, yaprakta % 91,67, çiçekte %94,48 (Dursun, 2016) olarak raporlanmıştır. Radikal süpürücü aktivite, Van yöresinden toplanan bitkilerde gövde kısmında %80,34, kök kısmında %96,67 olarak bulunmuştur (Uyar, Çoruh ve İşcan, 2014). Bitlis yöresinden elde edilen bitkilerin yüzde inhibisyonu gövdede %87,07, kökte %60,60 olarak bulunmuştur (Öztürk, Aydoğmuş-Öztürk, Duru ve Topçu, 2007). Farklı ekstraksiyon sıvıları kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada *Rheum ribes* bitkisinin toplam fenolik içeriği 0,30 ve 1,22 mg GAE (gallik asit eşdeğeri) /mL değerleri arasında bulunmuştur (Bilgiç Alkaya, Seyhan ve Ozturk, 2019).

Rheum ribes bitkisini konu alan çalışmalarda çeşitli coğrafik konumlardan elde edilip analizi gerçekleştirilen örneklerde 5- desoxyquercetin, aloe emodin, aloemodin-8-O-glucoside, quercetin 3-O-rutinoside, quercetin 3-O- galactoside, quercetin 3-O-rhamnoside, chlorogenic acid, chrysophanol, emodin, gallic acid, kaempferol, krizofanol, p-coumaric, physcion, physcion-8- O-glucoside, quercetin, sennoside A, rhein,

rhaponticin, rutin, tannic acid, tannins, β -sitosterolglucoside-6'-octadecanoate içerdiği ortaya konulmuştur (Tosun ve Yüksel, 2003; El-Lakany, Abdul-Ghani ve Boukhary, 2008; Andiç, Tunçtürk, Ocak ve Köse, 2009; Naemi, Asghari, Yousofi ve Yousefi, 2014; Abdulla, Taha ve Rahim, 2015; Adham ve Naqishbandi, 2015; Dursun, 2016; Fazeli, 2016; Erdoğan, Ağca ve Geçibesler, 2020). Literatürdeki başka bir araştırmada Rheum cinsinin farklı bir türü olan *Rheum rhabarbarum*'da ise kayda değer miktarda antisiyoninler (Delphinidyn-3-O-glucoside, delphinidyn-3-O-rutinoside, cyanidyn-3-O-glucoside, cyanidyn-3-(-)-EpicatechinO-rutinoside), fenolik asit (Galloyl-O-glucose, gallic acid, di-O-galloyl-glucose, hydroxycinnamic acid derivatives), flavan-3-ol (Procyanidin B1, (+)-Catechin, procyanidin B2, procyanidin B dimer, (-)Epicatechin), flavanoller (Myreticin-3-O-glucuronide, myretIsorhamnetin 3-O-rhamnosideicin-3-O-rutinoside, myreticin-3-O-ramnoside, quercetin-3-O-rutinoside, quercetin-3-O-glucuronide, quercetin-3-O-glucoside, quercetin-3-O-pentoside, quercetin-3-O-rhamnoside) ve gallotanninleri (1-O-Galloyl- β -D-glucose, 2.6-di-O-galloylglucose) içerdiği ortaya konulmuştur (Kalisz ve diğerleri, 2020).

Yapılan bir araştırmada bölgelerden elde edilen ışıklardaki ham lif içeriğinin % 20-37 değerleri arasında olduğu ortaya konulmuştur. *Rheum ribes*, % 5,59 KM, % 1.30 protein, % 0,63 toplam kül ihtiva etmektedir.(Andiç ve diğerleri, 2009). Yüksek lif içeriğine sahip olan bu bitki, bu özelliği nedeniyle bazı yörelerde laksatif olarak kullanılmaktadır (Özcan, Dursun ve Arslan, 2007).

C vitamini olarak bilinen askorbik asit (AA), enzimatik reaksiyonlar, kollajen sentezi, derinin korunması ve bağışıklık sisteminin gelişimi gibi pek çok biyolojik proste vücutun normal aktivitelerini sürdürmek için gerekli olan vitaminlerden birisidir (M. Deng ve diğerleri, 2020).

Rheum ribes bitkisinin C vitamini içeriği incelenen bir araştırmada miktar 198-282 μ g/g olarak bulunmuştur. *Rheum ribes* bitkisi 0,255 μ g/g vit-A, 0,614 μ g/g vit-E içerir (Munzuroglu ve diğerleri, 2000).

2.1.3. Kullanım Alanları

Rheum ribes bitkisi halk arasında çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Hayvanlarda oluşan şap hastalığı bitkinin kök kısımları kullanılarak tedavi edilmesi sağlanmaktadır.

Işkın bitkisi taze olarak tüketildiğinde safra söktürücü, ishal ve bulantı önleyici etkisi gözlemlenirken, bitki suyunun ise bazı hastalıkların tedavisinde (hemoroid, kızamık, şeker hastalığı, böbrek taşı, ülser ve çiçek) kullanıldığı bilinmektedir (Gürhan ve Ezer, 2004). Ayrıca bitkinin çeşitli kısımlarının demlenmesiyle elde edilen çay halk arasında rahatlatıcı özelliği sebebiyle kullanılmaktadır. Işkın bitkisinin gövde kısmının kabuğunun soyularak tüketilmesi sebebiyle halk arasında 'yayla muz'u olarak isimlendirilmiştir. Meyve gibi taze sürgünlerinin yenmesi suretiyle veya yöre halkı tarafından et, yumurta vb. içeriklerle yemeği yapılarak da tüketilmektedir (Hayta, Polat ve Selvi, 2014; Sindhu ve diğerleri, 2010; Kirit ve diğerleri, 2020).

Rheum ribes bitkisinin gıda endüstrisinde bir içerik olarak kullanımını araştırmalara konu olmuştur. Ekmek formülasyonuna çeşitli doğal içerikler ekleyerek iyileştirme yapmayı hedefleyen bir çalışmada ağırlıkça % 1,5 , % 3,0 ve % 4,5 miktarlarında ışkın bitkisi una eklenmiş, çeşitli kalite parametrelerinin takibi yapılmıştır. Yüksek lif içeriği sebebiyle su kaldırma kapasitesini kontrol grubuna kıyasla % 57,7 den % 62,6'ya kadar yükselmiştir. Ayrıca, ışkın ilaveli grupta miktarla orantılı olarak ekmeğin sertliğini arttığı bu karşın hamurun yapışkanlık değerinde düşme olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan artan ışkın seviyesi ekmeğin sertliğini artırdığı gözlenmiştir. Işkın % 1,5 oranında içeren ekmeklerin b* (sarılık ve mavilik) değerinin kontrol ekmeğinin b* değerinden yüksek olduğu gözlenmiştir. Işkın ilaveli ekmeklerin kontrol grubu ile kıyaslandığında bioaktif bileşenlerinde artış gözlemlendiği raporlanmıştır (Meral, 2011).

Başka bir çalışmada ışkın bitkisi, bisküvi formülasyonuna fonksiyonel bir bileşen olan ilave edilmiş ve bitkinin bisküvilerin kalite parametrelerine üzerine etkileri araştırılmıştır. Formülasyona farklı oranlarda ilave edilen bitkinin farinograf özellikleri, yayılma oranları ve sertlik değeri üzerine etkisi gözlemlenmezken, hamur direnci, maksimum direnç değerlerini ve toplam fenolik madde miktarını artmıştır. (H. Doğan, 2016).

Işkın bitkisi gıda dışında farklı kullanım alanları vardır. Yapılan bir araştırmada 50 farklı bitki ile yapılan denemeler sonucunda akriliği herhangi bir ön işleme gerek olmadan kendiliğinden yüksek renk veriminde boyayan bitkilerin karamuk, ışkın, zerdeçal, kök boya, indigo, kına, kat-hindi, kırmızı soğan kabuğu ve soğan kabuğu olduğu saptanmıştır. Ravent bitkisinden elde edilen renk tam bir sarı olmayıp, kirli sarı-hardal tonlarında olduğu gözlenmiştir (Yaver, 2015).

Taze kesilmiş elma dilimleri üzerinde esmerleşmeyi engellemek adına araştırma yapılan bir çalışmada, doğal içerik kullanım amaçlanarak Rheum (ravent) suyu eklenmiş ve renk değişiminin engellenmesi adına olumlu sonuçlar alınmıştır. Elma örneklerine çeşitli derişimlerde bitki suyu ile muamele edilmiş ve oda koşullarında degradasyon gözlemlenmiştir. % 5 ve % 10 derişim ile muamele edilen örnekler, 120 dk sonucunda değişime uğradığı gözlenmiştir. Fakat %20 ve üzeri ravent suyu içeren çözeltiler ile muamele edilen örneklerde degradasyon birkaç saat boyunca oluşmamış ve etkin doğal bir anti-browning ajanı olduğu sonucu ortaya konulmuştur. Araştırmacılar ravent suyu bileşimde bulunan oksalik asidin esmerleşme mekanizmasını etkilediği sonucuna ulaşmışlardır (Son, Moon ve Lee, 2000).

Yüksek miktarda oksalik asit alımı insan sağlığı için zararlı olabilmektedir. Bu kapsam yapılan bir başka araştırmada, sulu *Rheum ribes* özütünün günlük 150 mg/kg dozunda kullanımının biyokimyasal faktörler üzerinde çok az etkisi olduğu ve böbrek dokusunda zararlı bir değişim yaratmadığı belirlenmiştir (Hadzadeh, Rajaei, Keshavarzi, Shirazi ve Toosi, 2013). Mojarrab ve arkadaşlarının (2015) Wistar sıçanlarında İran'da yetişen *Rheum ribes* suyunun akut toksisitesini değerlendirmeyi amaçlayan araştırmasında farelere 60 gün boyunca bitki suyu uygulandığı belirtilmiştir. Deneklerin vücut hücrelerinde kanama, hacimsel büyüme ve hasarın yansira kalp hücrelerinde ölüme sebebiyet veren anormallikler tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna dayanarak, *Rheum ribes* suyunun sıçanlarda gözlemlenen ve ters etki olmadan alınan en yüksek dozu (NOAEL) erkek sıçanlar için 250 mg/kg/gün ve dişilerde ise 500 mg/kg/gün olarak kabul edilmiştir (Mojarrab, Ghanbaria, Shakeri, Minoosh Siavash-Haghighi ve Hosseinzadeh, 2015).

2.2. Kurutma

Meyve ve sebzelerin mevsimi dışında da tüketilmesi ihtiyacını karşılayabilmek için uzun raf ömrü kazandırmak adına birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar tarım mahsullerinin soğutulması, dondurulması, kimyasallar ile işleminden geçmesi, oksijen içermeyen ortamda depolanması, radyoaktif ve ultraviyole ışınlarla maruz bırakılması suretiyle elde edilen uzun raf ömrü süresidir. Bunların içinde kurutma işlemi en geniş uygulama alanı olan eski bir yöntemdir (Jangam, Law ve Mujumdar, 2010).

Kurutma yöntemi, meyve ve sebzelerin daha uzun süre saklanabilmesine olanak vermesi buna ilaveten hacim ve ağırlık azalması sağladığı için de taşıma depolama ve paketleme maliyetlerini azaltması, başka ürünlerle karışımı daha kolay hale getirmesi sebebiyle de sıkça başvurulan yöntemlerden biri olmuştur (Mujumdar, 2019). Işkın bitkisinin mevsimin kısa olması sebebiyle kurutularak muhafaza edilmesi su aktivitesini düşüreceğinden buna bağlı olarak raf ömrünün uzamasıyla, bitkinin tüm yıl tüketilmesine olanak sağlayacaktır.

Rheum ribes bitkisinin kurutulmuş formunun gıdalarda kullanımını inceleyen çok sınırlı sayıda araştırma vardır (Meral, 2017; Nikjooy ve Jahanshahi, 2014; Sharifi, Niakousari ve Rigi, 2020). Kurutulmuş ürünlerin demlenmesi sonucu çay olarak tüketilmesi, kurutulmuş meyvelerin komposto ve reçel olarak işlenmesi halk arasında bilinen yöntemlerdir (Türkan, Malyer, Öz Aydın ve Tümen, 2006). Sebze ve meyvelerin kurutulmuş formları hazır gıdalara lezzet ile fonksiyonellik vermesi ve kullanım kolaylığı sağlaması gibi avantajları ile taze formlarından daha fazla tercih edilmektedir (Karaaslan, Yıldırım ve Vardin, 2016).

Nikjooy ve Jahanshahi, (2014) yaptıkları bir çalışmada, ravent saplarının laboratuvar ölçekli kabin kurutucuda 50-70 °C giriş hava sıcaklığında kurutularak, kurutmanın ravent saplarında bulunan vitamin C, asitlik, pH, renk yoğunluğu, nem içeriğine olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca büzülme ve rehidrasyon kapasitesi de incelenen parametreler arasında yer almıştır.

Yapılan bir araştırmada farklı sıcaklıklarda *Rheum ribes* 'in bioaktif bileşen profili üzerine etkisi incelenmiş ve ışkın 50 °C ve 80 °C 'lerde iki ayrı etüvde ve güneşte kuruma işlemine tabii tutulmuştur. Güneşte kurutma sonucunda örneklerin en yüksek troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAK) değerleri elde edilmiş, sıcaklığın artışıyla birlikte değerlerde azalma meydana gelmiştir (Meral, 2017).

Rubina, Aboltins ve Palabinskis (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise *Rheum rhabarbarum* gövdesi infrared yöntemiyle kurutulmuş ve kurutmanın büzüşmeye ve yüzey alanına olan etkisi irdelenmiştir. Sharifi, Niakousari ve Rigi (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *Rheum ribes L.* gövdeleri 50-70 °C giriş hava sıcaklığında kurutulmuştur. Yapılan alışma sonucunda kurutma karakteristikleri incelenmiştir ve en uygun kurutma modeli saptanmıştır.

2.2.1. Kurutmada Meydana Gelen Değişimler

Yenilikçi kurutma tekniklerinin geliştirilmesine sebebiyet veren başlıca nedenler, yüksek proses maliyetleri, uzun kuruma süreleri, yüksek enerji tüketimi ve gıda ürünlerinde oluşan kalite kayıplarıdır. Kullanılan başlıca kurutma teknikleri güneşte kurutma, sıcak havayla kurutma, sprey kurutma, mikrodalga kurutma, ozmotik dehidrasyon ve dondurarak kurutma olarak sıralanabilmektedir. Kurutma gıda ürünlerinde oluşabilecek kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonları en aza indirerek raf ömrünü artıran etkin bir yöntemdir (Jangam ve diğerleri, 2010). Ancak kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklık nedeniyle meyve ve sebzelerde renk, doku, besin değeri gibi çeşitli istenmeyen kalite kayıpları meydana gelmektedir. Ayrıca kurutma sonrası ürünlerde rehidrasyon yani kurutulmuş ürünün tekrar su alma özelliği azalmaktadır (Verma, Thakur, Srivastav, Karizaki ve Suleria, 2020). Tüm bu sebepler kurutma üzerine birçok çalışma yapılması ve bu alanın güncel araştırmalara konu olması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Literatürde gerçekleştirilen araştırmaların sonucuna bakılarak en az kayıp sağlanan ve istenilen kalite düzeyine en yakın sonuç veren kurutma teknolojisinin dondurulmuş halde kurutma tekniği olduğunu söylemek mümkündür. Ancak bu tekniğin uygulanması maliyet kapsamında değerlendirildiğinde olumlu değildir (Krokida ve Marinos-Kouris, 2003).

2.2.2. Kurutma Prosesinde Önişlem Uygulamaları

Kurutma prosesinde kalite kayıplarını aza indirmek amacıyla çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Kurutmadan önce gıda ürünlerinin güvenli su ile durulanması, mikrobiyal ve kimyasal riskleri indirgemek adına çok önemlidir. Bu aşamada çürük, ezilmiş ve kurtlu ürünler kurutma hattından uzaklaştırılmalıdır. Kurutma işlemine alınacak ürünlerinden nem çıkışını kolaylaştırmak adına kuruma yüzeyleri artırılmaktadır. Bu amaçla bazı ürünlerde kabuk soyma işlemi gerçekleştirilmektedir. İşlem amacına göre küp, silindir, parça veya küre şeklinde kurutulabilmektedir (Jangam ve diğerleri, 2010). Kurutma tekniğın geliştirilmesi adına uygulanan önişlem olarak çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu önişlemleri kimyasal ve fiziksel uygulamalar olarak gerçekleşmektedir. Kimyasal uygulamalar ozmotik, alkali, asidik ve sülfite içeren sıvılarda bekletme olabileceği gibi sülfür dioksit, ozon ve karbondioksit gibi gazlar ile muamele de olabilmektedir. Fiziksel olarak termal önişlem olarak gösteren mikrodalga ile ön kurutma, ohmik ısıtma, haşlama ve buhar ile muamele etme sıralanabilir. Termal olmayan fiziksel önişlemler ise vurgulu elektrik alan uygulaması, ultrasonik muamele ve yüksek hidrostatik basınç uygulaması sıralanabilir (L. Z. Deng ve diğerleri, 2019). Ozmotik kurutma deney sistemleri kullanımına araştırmalarda son yıllarda sıklıkla rastlanılmaktadır (Chaudhary ve diğerleri, 2019; Oliveira ve diğerleri, 2016; Yadav ve Singh, 2014). Bu yöntem ile hipertonic (ozmotik) çözeltiye daldırılmış örnek dokularındaki su nispeten uzaklaştırılır, bu doğrultuda kurutma süresi azalırken kalite kayıplarında da aynı doğrultuda azalma yaşanır. Bitki dokularından ozmotik çözelti içerisine suyun taşınmasına, ozmotik çözelti içindeki katının doku içerisinde aynı anda zıt difüzyonu eşlik etmektedir (Rastogi, Angersbach ve Knorr, 2000). Diğer kurutma teknikleriyle karşılaştırıldığında ozmotik kurutma tekniğinde su kaybedilirken katı madde kazanımı sağlamaktadır. Gıda kompozisyonunda meydana gelen bu değişiklik gıdanın sonraki işlemler için uygunluğunu artırmaktadır (Torreggiani ve Bertolo, 2001).

Taze pırasalar üzerinde yapılan bir tez çalışmasında suda ve tuzlu suda haşlama önişlemleri uygulandıktan sonra tepsili kurutucu ve mikrodalga kullanılarak değişen kalite parametreleri incelenmiştir. Tuzlu su ön işlemleri olarak mikrodalgada kurutma

işlemi kontrol gruplarına kıyasla en kısa kurutma süresine sahip olmuştur. Her iki önileme rehidre olma özelliği üzerine olumlu etki yaratmıştır (Altunkanat, 2019).

Kurutma öncesinde çeşitli çözeltiler kullanılarak (NaCl, CaCl₂, MgO, MgCO₃ çözeltileri) haşlamanın brokolinin kalite parametreleri üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada NaCl içeren haşlama suyu ile muamele eden deney grubunun duyusal analizde diğer gruplara kıyasla en yüksek beğeniyi aldığı raporlanmıştır. NaCl ve CaCl₂ çözeltileri ile muamele edilen brokoliler en yüksek kuru madde oranına ulaşırken, tuz muamelesi içeren grup en yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olmuştur. Haşlama suyuna en az fenolik madde geçişi NaCl ve CaCl₂ muamelelerinde olduğu raporlanmıştır (Keçebaş, 2007).

Li ve diğerlerinin (2006), geleneksel tuzlu erik üretimi üzerinde yaptıkları bir çalışmada geliştirilen solar kurutuculu fanlı sistemle güneşte kurutma karşılaştırılmıştır. Geliştirilen yöntemin güneşte kurutmaya kıyasla kurutma süresini 45 günden 15 güne indirmesi ve yağmurlu nemli havalarda dahi kurutma işlemini yapabilmesi avantajları dolayısıyla üretim için daha ekonomik olduğunu ifade etmişlerdir. Ekonomik açıdan daha verimli olması, çevresel faktörlerden en az etkilenmesi ve çevresel kontaminasyona maruz kalmayacak şekilde bir kurutma sistemi kullanılması amaçlanmış ve bu sebeple sıklıkla kullanılan konvansiyonel kurutma sistemi tez çalışması kapsamında seçilmiştir.

Çeşitli kalite kayıplarını önlemek adına kurutma işlemi farklı sıcaklıklarda denenmiş ve sıcak hava ile konvansiyonel kurutma için önileme uygulaması olarak tıbbi bir bitki olduğu göz önünde bulundurarak farklı konsantrasyonlarda tuzlu su çözeltisine daldırma ön işlemi kullanılmıştır.

2.2.3. Kurutma Modelleri

Gıdaların işlenmesi özellikle kurutma işlemi sırasında ortaya çıkan fiziksel olaylar ve bu olayların deney güçlükleri nedeniyle gıda araştırmacıları matematiksel modellemeye ihtiyaç duymuştur. Gıdaların mikro yapısal karakterleri kurutmada büyük rol oynamaktadır. Matematiksel modelleme tekniği kurutma sırasında meydana gelen olayları ele alabilmekte ve çeşitli kurutma amaçlı proseslerin tasarlanmasında etkili rol

oynayabilmektedir. Bu sebepler doğrultusunda literatürde geliştirilmiş pek çok sayıda modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir (Erbay ve Icier, 2010).

Yarı teorik model olan Lewis modeli Newton'un soğuma kanuna benzediğinden literatürde Newton modeli olarak da isimlendirilmektedir. Lewis, (1921) kurutma hızının düşme periyodunda gıda ürününün nem içeriğindeki değişimin kurutucu hava nemi ile dengeye geldiği anda beklenen nem içeriği arasındaki anlık farkla orantılı olduğunu öne sürmüştür. Bu model sıcaklığın ve bağıl nemin sabit olduğunu varsaymaktadır. Newton'un soğutma yasası, nem hareketine karşı iç direncin ve dolayısıyla malzeme içindeki nem gradyanları ihmal edilmektedir. Bu sebeple sadece yüzey direncini dikkate aldığından kurutulacak ürünün yeterince ince ve hava hızının yüksek olduğunu varsaymaktadır (Erbay ve Icier, 2010). Literatürde El-Beltagy, Gamea ve Essa (2007), önişlemlerin etkisinde güneşte kuruttukları çilek için bu modelin uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Panchariya, Popovic ve Sharma, (2002) siyah çayın 80-120 °C arasındaki 5 farklı sıcaklıkta kurumasını inceledikleri bir çalışmada, kuruma karakterinin Lewis modeliyle açıklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Newton modelinin ampirik bir sabit eklenmesiyle geliştirilmesi sonucunda Page modeli ortaya çıkmıştır. Yarı teorik olan Page modeli ampirik sabitin eklenmesi ile Lewis modelinde ihmal edilen nem transferine karşı iç direncin sebebiyet vereceği olası hataların daha iyi açıklanması sağlanmaktadır. Bu sebeple kompozit ürünlerde nem kaybını daha iyi açıklamaktadır (Azzouz, Guizani, Jomaa ve Belghith, 2002).

Page modelinin çeşitli modifikasyonuyla Modifiye Page modeli ortaya çıkmıştır (Erbay ve Icier, 2010). Soya fasulyesinin kurutma karakteristiği açıklamak için bu model geliştirilmiştir (White, Bridges, Loewer, ve Ross, 1980). Akpınar'ın 2010 yılında maydanoz nane ve fesleğenin güneşte kurutulması üzerine yaptığı bir çalışmada Modifiye Page modeli bu aromatik bitkilerin kurutma karakteristiği tanımlamaktadır.

Fick'in ikinci difüzyon yasasından yararlanılarak oluşturulmuş Henderson ve Pabis modeli, mısır ve darı ürünlerinin kurutma karakteristiği tanımlamıştır. Azalan hız periyodunda gıda içerisindeki nem yüzeye hareket eder (Jangam ve diğerleri, 2010). Bu

model, kurutma işleminin başlangıcında kurutma hızını etkili tahminlerken, prosesin son aşamaları için aynı etkiyi gösterememektedir. Modelin eğimi olan k sabiti azalan hız periyodunda efektif difüzyon ile ilişkilidir (Can Ertekin ve Firat, 2017). Yer fıstığının (Moss ve Otten, 1989) ve çay yapraklarının (Ghodake, Goswami ve Chakraverty, 2006) kuruma karakteristiklerinin tanımlanmasında bu model uyumlu bulunmuştur.

Henderson ve Pabis modeline ampirik terim ilave edilmesiyle logaritmik model oluşturulmuştur. Kadam, Goyal ve Gupta (2011), fesleğen yapraklarının kurutulması sonucunda logaritmik modelin kurutma davranışıyla uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Fick'in difüzyon yasasının genel seri çözümünün ilk iki terimi kullanılarak elde edilen başka ince tabaka model olan iki terimli modelin ilk terimi kurutma işleminin son bölümünü, ikinci terim ise kurutma işleminin başlangıcını tanımlamaktadır. Bu model, difüzyonun sabit olduğunu ve kurutma sırasında sabit ürün sıcaklığı gerektirdiğini varsaymaktadır (Onwude, Hashim, Janius, Nawi ve Abdan, 2016).

Wang ve Singh, (1978) pirincin kuruma karakteristiği açıklamak üzere Wang and Singh modelini oluşturmuşlardır. Ampirik model olan Wang ve Singh modeli deneysel verilerden türetilmiştir ve herhangi bir teorik temeli veya fiziksel anlamı yoktur. Bu nedenle meyve ve sebzelerin kurutma davranışının, ısı ve kütle transferinin etkin bir şekilde tanımlanmasında sınırlıdır (Onwude ve diğerleri, 2016). Maydanozun güneşte kurutulması sırasında elde veriler ile Wang ve Singh modeli uyumlu bulunmuştur (Akpınar, 2011).

Tarımsal ürünlerin kuruma karakteristiklerinin matematiksel modeller ile tanımlanabilmesi, çevre dostu ve enerji tasarruflu kurutma teknolojisine giden araştırmaların zemini oluşturulmaktadır (Rahman, Kumar, Joardder ve Karim, 2018). Bu nedenle bu araştırma kapsamında kurutma işleminin optimizasyonu ve matematiksel modellemesinin yapılmasına karar verilmiştir.

2.2.4. Rehidrasyon

Rehidrasyon, kuru gıda ürününün tekrar nem içeriğinin kazandırılması işlemine verilen isimdir. Rehidrasyon işlemi üç aşamada gerçekleşir. Kurutulmuş ürünün matriksine su geri kazandırılması, şişme ve çözünenin ekstraksiyonu aşamalarıdır. Rehidrasyon işleminde zıt kütle akışı gerçekleşir. Rehidrasyon çözeltisinden kuru örneğe doğru olan birinci akış su akışıdır. İkinci akış ise üründen çözeltiye doğru sağlanan çözünen madde (şekerler, asitler, mineraller, biyoaktif bileşenler, lif parçalanmaları ve vitaminler) akışıdır (Gornicki, Kaleta, Winiczenko, Chojnacka ve Janaszek, 2013).

2.3. Yüzey Yanıt Yöntemi

Proseslerin optimizasyonunda yüzey tepkime yöntemi, sıklıkla kullanılan istatistiksel ve matematiksel tekniklerin bir kombinasyonudur (Šumić ve diğerleri, 2016; Hayıt ve Gül, 2019). Yöntemin kullanılması maliyetin düşmesine, hızlı ve verimli süreç gelişimine olanak sağlar. Bağımsız değişkenlerin süreçler üzerindeki etkisini tek başına ya da kombinasyon halinde açıklar. Bağımsız değişkenlerin etkilerini analiz etmenin yanı sıra bağımsız değişkenler ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlayan matematiksel bir model oluşturur. Deneysel tasarımlar seçilerek yanıt yüzey yöntemi uygulaması gerçekleştirilmektedir. Bu hedefle “Central Composite, Box Behnken ve Doehlert Dizayn” gibi bazı deneysel tasarımlar oluşturulmuştur. Bu tasarımlar çeşitli süreçleri optimize etmek amacıyla kullanılmaktadır. Box-Behnken deneysel tasarımının daha verimli matrisler içermesi, son yıllarda bu deneme desenini kullanan yayınlanmış eser sayılarını artmıştır. Box-Behnken tasarımı prensibi deney noktaları, merkez noktadan eşit uzaklıkta yer alan, üç seviyeli faktöriyel hesaplamasını içermektedir. Box-Behnken tasarımını diğer tasarımlardan farklılaştıran unsur, aşırı koşullar altında yapılan deneylerden kaçınması ve tüm faktörlerin aynı anda en yüksek ve en düşük noktalarda oldukları kombinasyonları ihtiva etmemesidir. Bu yöntem çeşitli faktörlerin örneğin analiz yanıtlarının üzerindeki etkisini eşzamanlı olarak incelemek, doğrusal, kuadratik etkileri ve bu faktörler arasındaki etkileşimleri hesaplamak için en iyi deneysel strateji olarak bilinmektedir (Anderson ve Whitcomb, 2016).

Box-Behnken deneme deseni kurutma proseslerinin optimizasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır (Saha, Nanda ve Yadav, 2019; Thakur, Pant, Naik ve Nanda, 2021; Khodifad ve Kumar, 2020; Obajemihi, Olaoye, Ojediran, Cheng ve Sun, 2020; Jafari, Movagharnjad ve Sadeghi, 2020). Merkezi kompozite tasarımları da kullanılan deney desenleri arasında yer almaktadır, ancak ikinin üstünde olan seviyelerde faktör uygulamasının bu yöntemle verimliliğin düşük olduğu belirtilmiştir. Bu deney tasarımında tüm faktörler için (-1, +1, 0, - α , + α) beş seviye çalışılmaktadır. “ α ” değeri 2 faktörlü bir desende “1.41”, 3 faktörlü bir desende “1.68” ve 4 faktörlü bir desende “2.0” olmaktadır. Dolayısıyla 3 faktörlü bir deney deseninde bu seviyeler küsuratlı seviyeler içermektedir (Guiné, Ferreira, Barroca ve Gonçalves, 2007; Bezerra, Santelli, Oliveira, Villar ve Escaleira, 2008; Das ve Dewanjee, 2018; Hayıt ve Gül, 2019; Thakur ve diğerleri, 2021). Bu sebeple tez kapsamında deney deseni olarak Box-Behnken seçilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Hammadde

Rheum ribes (Işkın) bitkisi Van'dan tek seferde tek bölgeden temin edilmiştir (Şekil 3.1). Işkın bitkisi 38°24'N 43°36'E koordinatlarında ve 2019 Mayıs ayında toplanılmıştır. Bölgede bu bitkinin satışını yapan yerel bir firma ile işbirliği yapılarak hasadı yapılan ışkın bitkisi karton kutularda paketlenerek Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne soğuk zincir içinde hızlıca (24 saat içinde) getirilmesi sağlanmıştır. Laboratuvara ulaşan numuneler çiçek ve gövde kısımları ayrılıp, kabuğu soyularak 4 mm kalınlığında dilimlenerek her bir kurutma işlemi için vakumla ambalajlanıp 4 °C' de analiz süresince koruma sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Araştırmada Kullanılan *Rheum Ribes* Numuneleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Kurutma Koşulları

Işkın kurutma kinetiğinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada kontrol (işlemsiz), %0 (w/w), %5 (w/w) ve %10 (w/w) derişimlerindeki tuz solüsyonları hazırlanmış ve kurutma öncesi çeşitli zaman dilimlerinde belirli miktarlarda kabuğu soyulan ve dilimlenen (4 mm) ışıklara önişlem uygulanmıştır. Kurutma işlemi 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarında konvansiyonel yöntem (Şekil 3.2) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan konvansiyonel kurutma fırını (Yücebaş marka, 220 V, 50-60 Hz, 200 W, Y35, İzmir)



Şekil 3.3. Kurutma prosesindeki *Rheum ribes* numuneleri

Yüzük gibi 4 mm kalınlığında dilimlenmiş ışıklar (Şekil 3.4.) plastik bir kap içerisinde (Şekil 3.5) üstünü tamamen ön işlem tuz solüsyonuyla (%0, %5, %10 w/w) kapatacak şekilde deneme deseninde belirlenen süre kadar bekletilmiştir.



Şekil 3.4. Yüzük şeklinde dilimlenen ışkın numuneleri



Şekil 3.5. Tuz solüsyonunda bekletilen ışkın numuneleri

Tuzlu su çözeltisinin etkisini ortaya koymak için seçilen 3 seviyeden en düşüğü %0 (w/w) su olmuştur. Solüsyon muamelesinin süresi de deney deseninde değişken olarak belirlenmiştir. Desene bağlı olarak 5 dk, 20 dk ve 35 dk solüsyon muamelesi uygulanmıştır. Uygulama sonrası ışkın gövde dilimleri delikli 40x60 cm boyutunda

tepsilere silikonize kağıt üzerinde isimlendirme yapılarak yerleştirilmiştir. Her kurutma prosesinde her kurutma koşulu için örnek miktarı 650 ± 20 g olarak optimize edilmiştir. Tuz solüsyonu örnek miktarının 4 katı olacak şekilde hazırlanmıştır. Isı transferinden etkilenilmemesi adına boş tepsiler çıkarılmış ve tek tepsiyle kurutma işlemi yapılmıştır. Deneysel desenine bağlı olarak 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarında konvansiyonel kurutma (Yücebaş Y35, İzmir) (220 V, 50-60 Hz, 200 W) yöntemi kullanılarak %20 bağıl nem sabitlenerek kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Kurutma işlemi öngörülen başlangıç nem miktarından %85-92, %8-10 nem miktarına düşene kadar uygulanmıştır. Numunelerin başlangıçtaki nem içeriği, dijital nem analiz cihazı (MA150; Sartorius, Göttingen, Almanya) ile ölçülmüştür.

Kurutma işleminin kinetiği ve modellenmesi amacıyla numunelerin ağırlığı kurutma deneyleri sırasında 30 dakikalık aralıklarla 0,01 g hassasiyetinde dijital bir terazi (Mettler Toledo, MS3002S) kullanılarak ve ölçüm süresi 15 sn olacak şekilde kaydedilmiştir. Her ölçüm sonrasında homojen kurutma için tepsinin rotasyonu değiştirilmiştir.

3.2.2. Deneme Deseninin Oluşturulması

Box-Benken Yüzey Yanıt Yöntemine göre sıcak hava ile konvansiyonel kurutma işleminin optimizasyonunda, kurutma sıcaklığı, muamele konsantrasyonu ve muamele süresi bağımsız değişkenleri (X_1 , kurutma sıcaklığı; X_2 , ön işlem için kullanılan tuzlu suyun konsantrasyonu; X_3 ön işlem muamele süresi) için 3 seviye (düşük, orta ve yüksek şeklinde -1, 0 ve +1 olarak kodlanmıştır) (Çizelge 3.1) yapılan ön denemeler sonucunda belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Sıcak hava ile konvansiyonel kurutmada bağımsız değişkenlere ait sınır ve seviye değerleri

Değişkenler	Kodlama seviyeleri		
	-1	0	+1
Kurutma Sıcaklığı (°C) (X_1)	50	60	70
Ön işlem- Tuzlu Su Konsantrasyonu (%) (X_2)	%0	%5	%10
Muamele Süresi (X_3)	5	20	35

3 faktörlü Box-Benhken deneme desenine göre 15 koşul belirlenmiş, ayrıca üç sıcaklık için ön işlemsiz 3 koşul daha belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Her bir koşul 2 tekerrürlü olarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu bağımsız değişkenler için toplam fenolik madde miktarı (TFEM), renk (L*-a*- b* değerleri), rehidrasyon özellikleri, duyuşal özellikleri analiz edilmiştir.

Çizelge 3.2. 3 faktörlü Box-Benhken deneme deseni

Deneme No	Değişken ¹ (X ₁) Kodlaması	Değişken ¹ (X ₁) Kurutma Sıcaklığı (°C)	Değişken ² (X ₂) Kodlaması	Değişken ² (X ₂) Ön işlem-Tuzlu Su (%)	Değişken ³ (X ₃) Kodlaması	Değişken ³ (X ₃) Muamele Süresi(dk)
1	0	60	+1	10	+1	35
2	0	60	0	5	0	20
3	+1	70	0	5	+1	35
4	+1	70	0	5	-1	5
5	-1	50	0	5	+1	35
6	0	60	+1	10	-1	5
7	+1	70	-1	0	0	20
8	0	60	-1	0	+1	35
9	-1	50	+1	10	0	20
10	+1	70	+1	10	0	20
11	-1	50	0	5	-1	5
12	-1	50	-1	0	0	20
13	0	60	-1	0	-1	5
14	0	60	0	5	0	20
15	0	60	0	5	0	20

3.3. Analiz Metotları

3.3.1. Fenolik Madde Analizleri İçin Örnek Hazırlama ve Özütleme

Yapılan ön literatür araştırmasında *Rheum ribes* bitkisinin bioaktif bileşenlerinin özütlenmesinde kullanılmış çözümler arasında metanol-su karışımı (Taşkın ve Bulut, 2019), etil asetat (Uyar ve diğerleri, 2014), aseton ve etanol (Ayrancı, 2019), etanol-su (Abdulla ve diğerleri, 2015), hekzan, kloform (Fazeli, 2016) olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalara (Kamiloğlu, 2020) ve yapılan ön denemelere bakılarak %75 metanol-%0,1 formik asit çözgeninin kullanılmasına karar verilmiştir.

Spektrofotometrik toplam antioksidan madde için öğütücü (Premier, 170W PRG 266, Türkiye) ile öğütülmüş kurutulmuş bitki örnekleri ve seramik havanda homojenize edilmiş kurutulmamış *Rheum ribes* (Işkın) gövdesi $2,00 \pm 0,01$ g hassas terazide tartılmış (Mettler Toledo, MS3002S), 5 ml %75 metanol-%0,1 formik asit çözgeni ile karışıma muamele edilmiştir. Sonrasında numuneler ultrasonik banyoda (Şekil 3.6.) (Bandelin Sonorex R K512 H) 15 dk sonike edilmiş ve 4 °C'de, 2700 x g hızında (Şekil 3.7.)10 dk santrifüj işlemi gerçekleştirilerek üst faz toplanmıştır. 5 defa bu işlem gerçekleştirilmiş ve toplanan hacim analizlere kadar -20 °C'de saklanmıştır.



Şekil 3.6. Ultrasonik su banyosunda (Bandelin Sonorex R K512 H) özütlenme aşaması



Şekil 3.7. Santrifüj (Sigma 3 K 30)

3.3.2. Toplam Fenolik Madde (TFEM) Miktarı Analizi

Toplam fenolik madde analizinin prensibi, fenolik bileşikler bazik ortamda Folin-Ciocalteu reaktifini (FCR) ile indirgenip oksitlenmiş forma dönüşmesi ve tepkime sonucunda indirgenmiş reaktifin oluşturduğu mavi rengin spektral yöntemle ölçülmesi olarak tanımlanabilir. Toplam fenolik madde analizinde yaygın olarak kullanılan Folin-Ciocalteu yöntemi Obanda ve arkadaşlarının (1997) uyguladığı yöntemde bazı değişiklikler yapılarak kullanılmıştır (Obanda, Owuor ve Taylor, 1997).



Şekil 3.8. Shimadzu UV-1700 Spektrofotometre, Tokyo, Japonya.

0,5 ml özütlenmiş numune üzerine 1:3 oranında seyreltilmiş 0,5 ml FCR reaktifi ilave edilmiş, 5 dk bekletilen karışıma 1 ml (% 35) doymuş sodyum karbonat çözeltisi SIGMA-451614, anhydrous) ve 1 ml saf su ilave edilerek vorteks ile karıştırılmıştır. Oluşturulan karışım oda sıcaklığında 30 dakika ışısız ortamda bekletildikten sonra oluşan rengin absorbansı spektrofotometrede 700 nm'de okunmuştur (Shimadzu UV-1700, Tokyo, Japonya) (Şekil 3.8.). Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan (10-800 ppm) gallik asit (Sigma-Aldrich) solüsyonlarının absorbansının ölçülmesiyle bir gallik asit kalibrasyon eğrisi ($R^2=0,9991$) oluşturulmuştur. Sonuçlar mg-gallik asit eşdeğeri (GAE) /g kuru madde (KM) olarak ifade edilmiştir.

3.3.3. Renk Analizi

Her koşul için dört farklı noktastan ölçüm yapıp ortalaması alınmıştır (Konica Minolta CR-400) (Şekil 3.9.). Yaş örneğın renk ölçümü de gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri iki tekrar halinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9. Konica Minolta CR-400 serisi renk ölçer

CIALAB renk koordinatlarına göre a^* (-yeşillik, +kırmızılık), b^* (-mavilik, +sarıklık) ve L^* (parlaklık) değerleri cihaz aracılığı ile belirlenmiştir. Kroma (eşitlik 1), hue° açısı (Eşitlik 2) ve ΔE (Eşitlik 3) değerleri aşağıda matematiksel eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Fernández-Vázquez, Stinco, Hernanz, Heredia ve Vicario, 2013; Mendoza, Dejmek ve Aguilera, 2006). Hue değerinin değerlendirilmesinde 0° veya 360° 'lik açı kırmızı tonu; 90° , 180° ve 270° 'lik açılar sırasıyla sarı, yeşil ve mavi tonu temsil etmektedir (Chunthaworn, Achariyaviriya, Achariyaviriya ve Namsanguan, 2012). Eşitlik 3'te örneğin yaş formuyla (L_0, a_0, b_0) kuru formunun (L, a, b) arasındaki renk değişimi temel alınmıştır.

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

$$H^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad , a^* > 0 ; b > 0$$

$$H^\circ = 180^\circ + \arctan(b^*/a^*) \quad , a^* < 0 ; b > 0 \quad (2)$$

$$H^\circ = 270^\circ + \arctan(b^*/a^*) \quad , a^* < 0 ; b < 0$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (3)$$

3.3.4. Rehidrasyon Analizi

Rehidrasyon işlemleri, 30 °C, 45 °C ve 60 °C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. 250 ml hacimli beher içerisine termometre ile sıcaklığı istenilen analiz sıcaklığına gelip gelmediği kontrol edilerek 150 ml saf su ilave edilmiştir. Rehidrasyon suyu sıcaklığı istenilen değerlere ulaştıktan sonra kurutulmuş ışkın örnekleri $5,00 \pm 0,01$ g tartılıp ve su banyosunda (Su Banyosu Memmert, WNE14, Germany) bulunan beherler içine yerleştirilmiştir. Rehidrasyon işlemleri 30 dakikada 0,0001g hassasiyetteki terazide ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10.). Numuneler 8 saat boyunca rehidre edilmiş ve sonuçlar kaydedilmiştir.



Şekil 3.10. Rehidrasyon analizinde su banyosundaki örnekler

Rehidrasyon oranı (RR) eşitlik 4 (J. Wang ve diğerleri, 2019) ve rehidrasyon kapasitesi (RC) (Maskan, 2001) eşitlik 5 ile hesaplanmıştır.

$$RR = \frac{W_r \cdot X_r - W_d \cdot X_d}{W_d \cdot (1 - X_d)} \quad (4)$$

$$RC = \frac{W_t - W_d}{W_d} \cdot 100 \quad (5)$$

Eşitlik 4'te W_r ışkın örneğinin rehidrasyon işleminden sonraki ağırlığını (g), X_r rehidrasyon işleminden sonraki ıslak bazda nem içeriğini ifade eder. W_d kurutma prosesinden sonra örnek ağırlığını (g), X_d ise kurutma prosesinden sonra ıslak bazda nem içeriğini belirtmektedir. W_t herhangi bir zamandaki rehidre olmuş örnek ağırlığını (g) ifade etmektedir.

3.3.5. Kurutma Eğrileri ve Kurutma Hızının Hesaplanması

Zamana karşı nem içeriğinin ve serbest nem içeriğinin kuruma hızına karşı oluşturulmasıyla kuruma eğrileri çizilmiştir. Kurutma hızları ise nem içeriklerinin zamana bölünmesi (Eşitlik 6) ile bulunmuştur.

$$DR = \frac{M(t + dt) - Mt}{dt} \quad (6)$$

Bu denklemden DR: kuruma hızı (g H₂O/g KM sa), M_t ve M_{t+dt}; t ve t+dt anındaki ürünün nemi (g H₂O/g KM), t ise zamanı (dakika) ifade etmektedir (Erbay ve Icier, 2010).

3.3.6. Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi

Kurutma kinetiğinin modellenmesinde ayrılabilir nem oranı (ANO) Eşitlik 7 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{m_t - m_e}{m_0 - m_e} \quad (7)$$

Bu eşitlikte ANO: ayrılabilir nem oranı, m_t: ürünün t anındaki nem içeriği (g su/ g KM), m_e: denge nem içeriği (g su/ g KM), m₀: başlangıç nem içeriğidir (g su/ g KM). Etkin difüzyon katsayısı hesaplanırken boyutsuz nem oranının doğal logaritmasının zamana karşı çizilmesiyle elde edilen grafiğin eğiminin bulunması ve Eşitlik 3'da yerine konulmasıyla hesaplanmıştır.

$$D_{eff} = -\frac{K \cdot 4L^2}{\pi^2} \quad (8)$$

Hesaplama yapılırken sıcaklığın her noktada eşit olduğu varsayılmıştır. Eşitlik 8'de belirtilen D_{eff}; etkin difüzyon katsayısı (m²/s), K doğrunun eğimini ve L; ürün kalınlığının yarısı (m) olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 3.3. Kurutmanın matematiksel modellenmesinde kullanılan ince tabaka modelleri

Model	Denklemler	Kaynakça
Page	$ANO = e^{-kt^n}$	(Liu ve diğerleri, 2009)
Modifiye Page	$ANO = e^{-(kt)^n}$	(Toğrul, 2006)
Logaritmik	$ANO = a e^{-kt} + c$	(Bhattacharya, Srivastav ve Mishra, 2015)
Lewis	$ANO = e^{-kt}$	(İbrahim Doymaz, 2006)
Henderson ve Pabis	$ANO = a e^{-kt}$	(Evin, 2011)
Two term exponential	$ANO = a e^{-kt} + (1-a) e^{-kat}$	(C. Ertekin ve Yaldiz, 2004)
Wang ve Sing	$ANO = 1 + at + bt^2$	(Akpınar, 2010)

Ürünlerin kuruma davranışının anlaşılmasında literatürde sıklıkla kullanılan ince tabaka modelleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Modeller kurutma verilerine uygulanmış ve belirleme katsayısı (R^2), tahminin standart hatası (RMSE) ve ki-kare (χ^2) değerleri eşitlik 9 ve 10 kullanılarak belirlenmiştir. Burada ANO; ayrılabilir nem oranı, $k(s^{-1})$, n , a , $\alpha(s^{-1})$, $b(s^{-2})$ ve c modelden gelen katsayılar olarak ifade edilmektedir.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ANO_{tahmini,i} - ANO_{deneysel,i})^2 \right]^{1/2} \quad (9)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{deneysel,i} - ANO_{tahmini,i})^2}{N - n} \quad (10)$$

Eşitliklerde $ANO_{deneysel,i}$ deneysel ayrılabilir nem oranı, $ANO_{tahmini,i}$ tahmini ayrılabilir nem oranı, N gözlem sayısını, n ise modeldeki sabitlerin sayısını ifade etmektedir (Avhad ve Marchetti, 2016).

3.3.7. Duyusal Analiz

Rheum ribes (ışkım) bitkisinin yaş ve kurutulmuş formunun (Şekil 3.11) duyusal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hedonik beğeni testi puanlama skalası tanımlanarak yapılmıştır (Ek-1). Panelistlere renk panelistlere renk, tektür, koku, tat ve genel beğeni için 1 ile 10 arasında değişen puanlarda puanlama yapması istenmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005). Duyusal analiz, Bursa Uludağ Üniversitesi personeli ve öğrencilerinden oluşan (25 ve 44 yaş arası) 10 kişilik bir panelist grubuyla gerçekleştirilmiştir. Örnekler rasgele

üç basamaklı kodlar ile isimlendirilmiş ve panelistlere sunulmuştur. Skaladaki değerlerin karşılığı olan nitelikler duyuusal formda tanımlanmıştır.



Şekil 3.11. Duyusal analiz için hazırlanan kurutulmuş *Rheum ribes* örnekleri

3.3.8. Yüzey Tepki Regresyon Analizi

İkinci derece polinomik denklem kullanılarak (Eşitlik 11) deneysel verileri ve regresyon çıktıları analiz edilmiştir.

$$Y_i = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j \quad (11)$$

Denklemden Y_i , x_i vasıtasıyla tahmin edilen değeri, x_j bağımsız değişkeni, b_0 başlangıç değerini, b_i lineer katsayıyı, b_{ii} quadratik katsayıyı, b_{ij} etkileşim katsayısını ifade etmektedir. İstatistiksel parametreleri bulmak için varyans analizi (ANOVA) yönteminden faydalanılmıştır (Albak ve Beliba, 2010). Yüzey yanıt yöntemiyle her yanıt için model katsayıları ve önem durumları tespit edilip ANOVA tablosu oluşturulmuştur. Hesaplanan p- değerlerinin 0,05 ten küçük olması modelin anlamlı, büyük olması durumu da anlamsız olduğunu ifade etmektedir (Bodruk, 2020). Bağımsız değişkenler ile yanıtlardan elde edilen veriler arasındaki ilişki çoklu lineer regresyon analizi yardımıyla belirlenmiştir. Bağımsız değişken olarak X_1 , kurutma sıcaklığı; X_2 , ön işlem için kullanılan tuzlu suyun konsantrasyonu; X_3 ön işlem muamele süresi seçilmiştir. Yanıt olarak kuruma süresi, renk analizi değerleri (L^* , a^* , b^* , ΔE , hue açısı), duyuusal analiz değerleri (renk, koku, tat, görünüm, genel beğeni), rehidrasyon analizi verileri (30 °C-45 °C-60 °C için son nem içeriği, %RC, RR), toplam fenolik içeriği, toplam kuruma hızı ve nem oranı değerleri seçilmiştir. Elde edilen yanıtların model uygunluğunu analiz etmek adına bazı istatistiksel değerler göz önünde bulundurulmuştur. Uyum eksikliği (Lack of

fit), modelin yeterli uygunluğuna sahip olup olmadığını belirten değerdir (Kul, 2004). F-testi ile modelin ve model denkleminin uygunluğu kontrol edilmiştir. Bunun yanı sıra modellerin yeterliliği belirleme katsayısı R^2 , dűzeltilmiř belirleme katsayısı R^2_{adj} , tahminlenen belirleme katsayısı R^2_{pre} , varyasyon katsayısı (CV), F ve P değerleri (hata ihtimali) kullanılarak kontrol edilmiştir. Deneysel verideki model tarafından açıklanabilen varyasyonun toplam varyasyona oranı R_2 regresyon katsayısı (belirleme katsayısı) olarak ifade edilir. R^2 değeri, R^2_{adj} ve R^2_{pre} değerlerinin birbirine yakın olması modelin istatistiksel anlamda önemli olduğunu belirtmektedir (Bodruk, 2020). Varyasyon katsayısı (C.V.) ortalama bağlı deneylerdeki kalıntı varyasyonunun bir ölçüsüdür. Bu değerin büyük olması durumunda verilerin ortalamadan büyük oranda saptığı, küçük olması durumu ise verilerin ortalama değere yakın olması ile açıklanır (Lazić, 2004). Adequate Precision ve PRESS değerleri ise modellerin sonraki süreçlerde tahmin modeli olarak kullanılması amacıyla incelenen değerlerdir. Adequate Precision değeri 4'ten büyük olmalıdır (Ghafari, Aziz, Isa ve Zinatizadeh, 2009).

3.3.9. İstatistiksel Analiz

Rheum ribes (ışkın) bitkisinin ve kurutulmuş ürünlerinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini yorumlayabilmek için deneysel sonucu elde edilen veriler istatistiksel tekniklerle analiz edilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler SPSS software (IBM Statistic 23) ve Design-Expert (version 13, Stat-Ease, Inc., Minneapolis, ABD) programı kullanılarak veri analizi gerçekleştirilmiştir. Her bir kurutma koşulu iki paralel gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde analizinde her bir numune iki paralel özütleme işleme tabi tutulmuştur. Çalışma kapsamında ele alınan tüm analizler tüm analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar “Ortalama±Standart Sapma” olarak raporlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Hammadde Analiz Değerleri

Rheum ribes bitkisinin başlangıç nem içeriği %89,83±1,98 olarak tespit edilmiştir. Literatürde ışkın bitkisinin nem miktarları Ağrı bölgesinden toplanan örneklerde %90,97±0,25, Elazığ bölgesinden elde edilen örneklerde %91,69±0,52 olarak raporlanmıştır (Özcan ve diğerleri, 2007). İran’da yapılan bir araştırmada ise nem içeriği %85,40 (Sharifi ve diğerleri, 2020) ve %85,29 (Nikjooy ve Jahanshahi, 2014) olarak bulunmuştur. Van bölgesinden toplanan örneklerde yapılan bir araştırmada ise nem içeriği %91,84 ±2,89 olarak saptanmıştır (Tunçtürk, Celen ve Tunçtürk, 2017). Bitkinin nem içeriğinin değişmesinde bölgeye bağlı etkiler sebebiyle değişiklik olması mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada elde edilen nem içeriği Türkiye’de yetişen ışkın bitkileriyle uyumlu sonuçlar vermiştir. Gerçekleştirilen deneysel analiz neticesinde, toplam fenolik içeriği 138,41±40,29 mg GAE /g KM olduğu gözlenmiştir. Van’dan toplanan *Rheum ribes* bitkisinin yaş formunun metanol ile özütlenmesi sonucu gerçekleştirilen bir çalışmada ortalama 58,00 mg GAE/g özüt toplam fenolik madde tespit edilmiştir (Taskin ve Bulut, 2019). Bitlis bölgesinden toplanan örneklerde ise metanol ekstraksiyonu sonucu elde edilen sonuçlar 35,71 ± 1,23 mg pyrocatechol (PE)/g özüt olarak raporlanmıştır (Öztürk, Aydoğmuş-Öztürk, Duru ve Topçu, 2007). Literatürdeki veriler değerlendirildiğinde farklı özütleme çözenleri, bölgesel farklılık ve birimlerin ifade edilme şeklinin farklılık yarattığı düşünülmektedir.

Renk ölçümlerinde; L (aydınlık derecesi); 0=siyah, 100=beyaz (koyuluk/açıklık), a; +a kırmızı, -a yeşil, b; +b sarı, -b mavi renk yoğunluklarını ifade etmektedir. C* kroma (renk doygunluğu), 0 (donuk) ile 60 (canlı) arasında değişmektedir. H° (rengin ton açısı) değerlerinin 0°, 90°,180°, 270° ve 360° olması sırasıyla; kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve kırmızı rengi tanımlamaktadır. Yapılan ölçümlerde, L* 43,11±5,30, a* değeri (yeşillik) 6,00±1,41, b* değeri (sarılık) 10,62±2,13 olarak tespit edilmiştir. Hesaplanan chroma değeri 12,21±2,48 ve hue açısı değeri -60,73±3,42 olarak bulunmuştur. Literatürde yapılan önceki çalışmalarda ışkına ait renk değerleri raporlanmamıştır. Ancak diğer sebze ve meyvelere ait sonuçlar incelendiğinde yeşilbiberin L* değeri 37,22, a* değeri (yeşillik) 14,11, b* (sarılık) değeri ise 22,52 olarak (R. Guiné ve Barroca, 2012), kivi meyvesinin

renk parametreleri L* 40,70, a* (yeşillik) 4,07 ve b* 19,80 olarak raporlandığı gözlenmiştir (Moreira ve diğerleri, 2018). Renk ölçümünde bitkinin yeşil renginin daha yoğun olduğu kabuğu soyulduktan sonraki iç kısmının renk değerleri alınmıştır. İç kısmın a* değerleri kivi meyvesinin a*(yeşillik) değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir (Moreira ve diğerleri, 2018).

Işkın bitkisinin duyu analizi sonuçlarında değerlendirildiğinde 10 üzerinden ortalama olarak puanlama yapılan analizde panelistler tarafından taze ışkın farklı koşullarda kurutulmuş örneklerle kıyasla en yüksek değerlere sahip olmuştur. Panelistler tarafından verilen puanların ortalama değerleri 10 üzerinden renk 8,30±0,82, görünüm 7,90±1,37, koku 7,20±1,99, tat 7,70±1,49 ve genel beğeni 7,7±1,57 olarak belirlenmiştir.

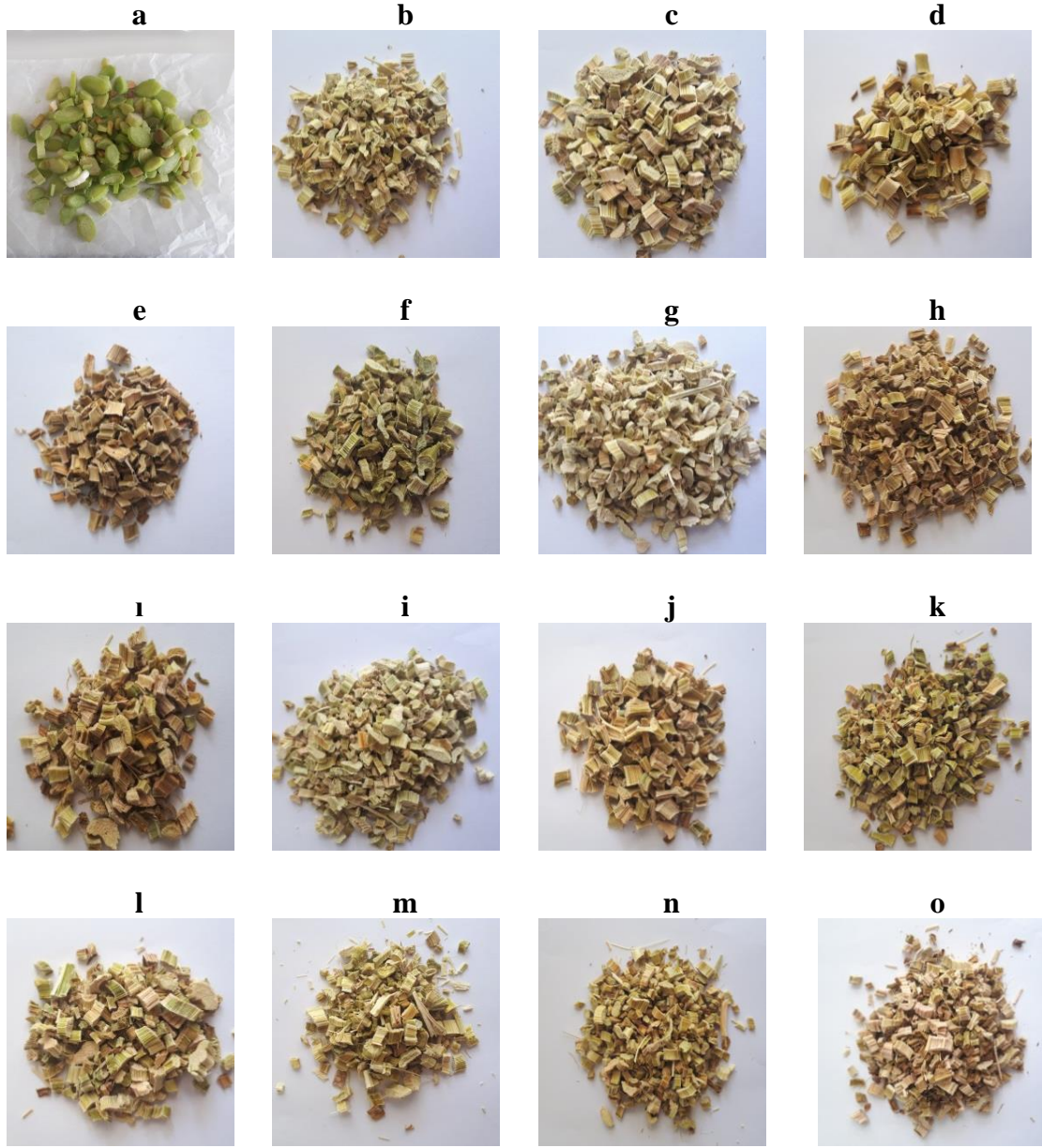
4.2. Kurutma Eğrileri ve Kuruma Hızları

Konvansiyonel kurutma yöntemiyle ön işlemlerin etkisi gözlenerek gerçekleştirilen araştırmada, elde edilen kurutma verileri Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te sunulmuştur. Başlangıç nem içerikleri 6,36 ile 12,81 g su/g km arasında değişen *Rheum ribes* örnekleri 0,08±0,01 g su/g km olana kadar aralıklarla takip edilip kurutulmuştur (Şekil 4.1). Şekil 4.2 de zamana göre değişen nem içeriği incelendiğinde en kısa kuruma süresinin 70 °C de ön işlemler olarak %5 (w/w) tuzlu su çözeltisinde 35 dakika bekletilen 3. koşulda gözlemlenmiştir. İstenilen nem değerine en uzun sürede ulaşılan koşul ise 50 °C %5 (w/w) tuzlu su çözeltisinde 35 dakika ön işleme tabi tutulan 5. koşul olmuştur. Literatürde benzer şekilde, Nikjooy ve Jahanshahi (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, *Rheum ribes* bitkisinin kabin tipi kurutucuda 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması ile en kısa kuruma süresinin 70 °C de elde edildiği belirtilmiştir.

Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş ışkın örneklerinin nem oranlarının zamana bağlı değişiminin verildiği Şekil 4.3.'te boyutsuz nem oranının kurutma zamanına bağlı olarak azaldığı gözlemlenmektedir. Nem içeriğinin kurutma hızına bağlı olarak değişimini gösteren Şekil 4.4.'te ise nem içeriğinin azalmasıyla kurutma hızının azaldığı gözlemlenmektedir. Başlangıç nem içeriğinin 12,01 g su/g km değeriyle en yüksek olduğu 12. koşulda kuruma hızı da en yüksek başlangıç değerini almıştır.

50 °C den 70 °C çıkan kuruma sıcaklığının kuruma süresi üzerinde etkisini incelemek için 11., 4., 9., 10., 12., 7., 5. ve 3. koşullar irdelenmiştir. %5 tuz oranı ve 5 dk bekleme süresinde gerçekleştirilen 11. ve 4. koşullar incelendiğinde %38,16 oranında kuruma süresinde azalma sağlamıştır. %10 konsantrasyon ve 20 dakika muamele parametrelerini sağlayan 9. ve 10. koşullarda aynı sıcaklık artışıyla %28,36 oranında azalan kuruma süresi elde edilmiştir. Su ile muamele edilen aynı sıcaklıklardaki 12. ve 7. koşullarında sıcaklık artışıyla ise kuruma süresi %21,62 oranında azalmıştır. %5 konsantrasyon ve 35 dakika muamele süresi uygulanan 5. ve 3. koşullarında %44,15 oranında kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Ayrıca koşullar arasındaki en yüksek kuruma süresi farklı 5. ve 3.koşullara aittir. Tüm koşullar dikkate alındığında kuruma sıcaklığındaki artışın kuruma süresini kısalttığı gözlemlenmiştir. Sıcaklığın nem oranındaki azalma üzerinde güçlü bir etkisi olduğu beklenen bir gözlemdir. Her önışlem etkisinde sıcaklık arttıkça kuruma süresi azalmıştır. Bu kuruma sıcaklığının artışıyla ürün içindeki buhar basıncının artması ve iç nemin dışarıya hızlı göçmesiyle açıklanabilmektedir. Kamkatın mikrodalgada, vakumlu kurutucu ve sıcak havada kuruması sırasında değişen parametreleri inceleyen bir araştırmada sıcaklık artışının kuruma süresini azalttığı raporlanmıştır (Özcan-Sinir, Özkan-Karabacak, Tamer ve Çopur, 2019). Ahlatın kurutulmasının incelendiği bir çalışmada kuruma süresi sıcaklıkla ve önışlemlerin etkisinde azalmıştır (Türk Toğrul, Çelebi ve Toğrul, 2018).

Benzer şekilde, uygulanan muamele süresinin kuruma süreleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla; 5. ve 11. koşullar incelendiğinde 50 °C ve %5 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerde muamele süresi 7 kat artarken kuruma süresi %1,30 oranında artmıştır. 1. ve 6. koşullarda ise 60 °C kuruma sıcaklığında %10 konsantrasyon uygulanan örneklerde muamele süresin 7 katına çıkması kuruma süresinde %3,51 oranında artışa neden olmuştur. 8 ve 13. koşullarda 60 °C işlem sıcaklığında su ile muamele edilen örneklerde muamele süresi 5 dakikadan 35 dakikaya çıktığında kuruma süresi %1,72 azalmıştır. 3. ve 4. koşullarda 70 °C kurutma sıcaklığı uygulanan %5 (w/w) ön işlemlilerde koşullarda sürenin 7 katına çıkması kuruma süresinde % 8,51 oranında azalışa sebebiyet vermiştir.

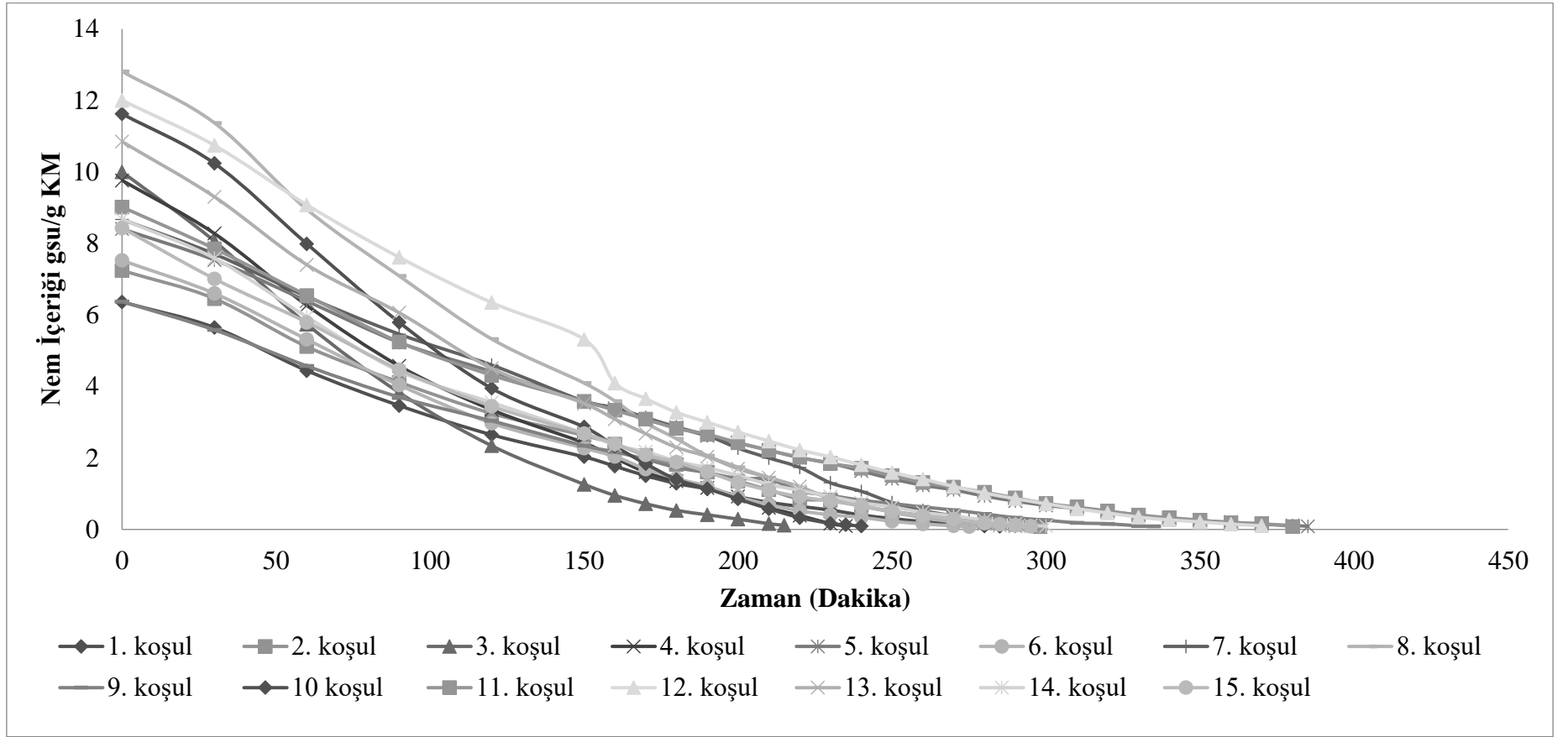


Şekil 4.1.Analiz Kapsamındaki *Rheum ribes* Örnekleri;

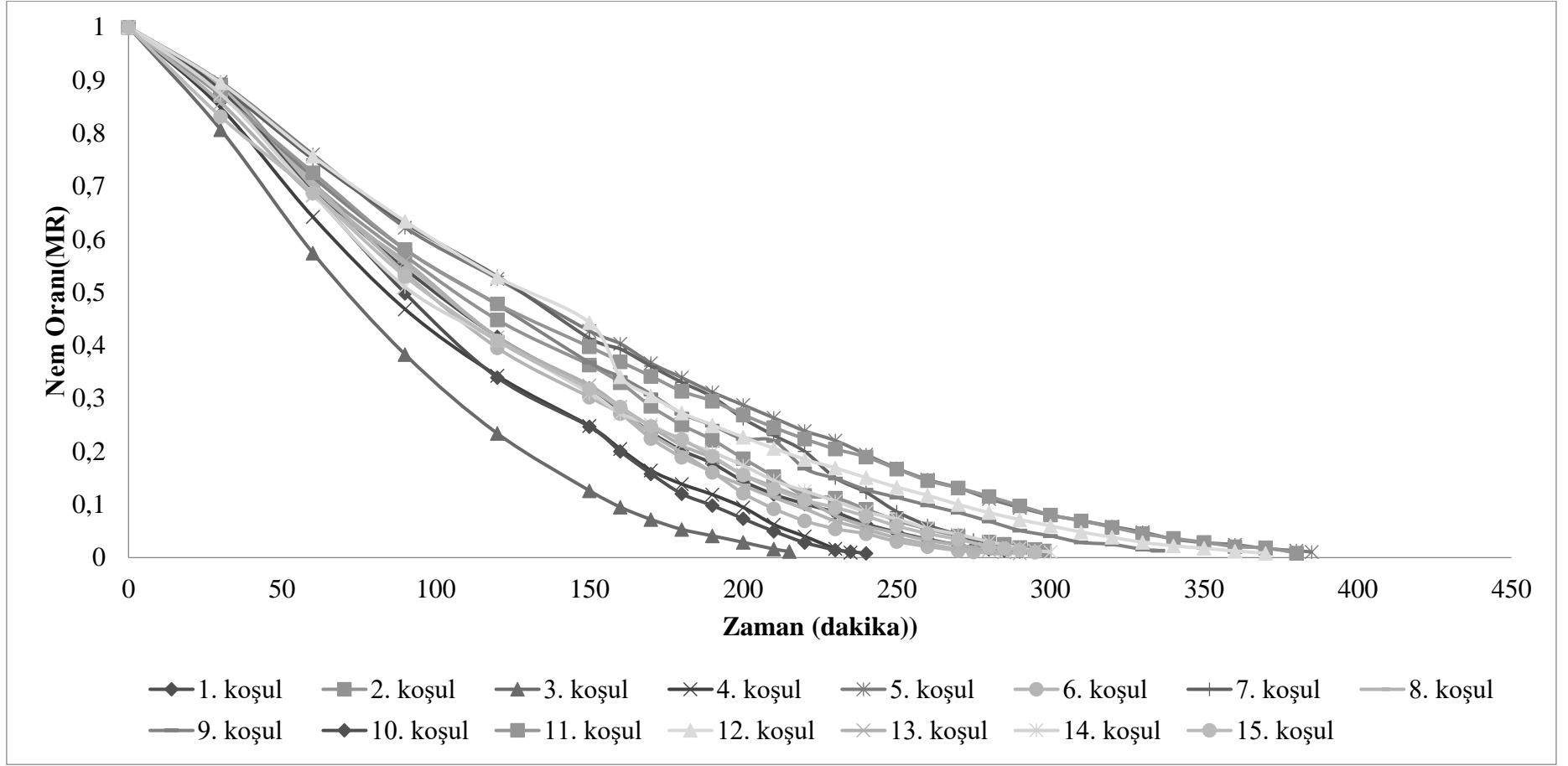
(a)Kurutma öncesi yaş *Rheum ribes*, (b) 60 °C %10 tuzlu-su 35 dk, (c) 60 °C %5 tuzlu-su 20 dk, (d) 70 °C %5 tuzlu-su 35 dk, (e)70 °C %5 tuzlu-su 5 dk, (f) 50 °C %5tuzlu-su 35 dk, (g) 60 °C %10 tuzlu-su 5 dk, (h) 70 °C su 20 dk, (i) 60 °C su 35 dk, (i) 50 °C %10 tuzlu-su 20 dk, (j) 70 °C %10 tuzlu su 20 dk, (k) 50 °C %5 tuzlu-su 5 dk, (l) 50 °C su 20 dk, (m) 60 °C su 5 dk, (n) 60 °C %5 tuzlu-su 20 dk, (o) 60 °C %5 tuzlu-su 20 dk

Muamele konsantrasyonundaki değişimin kuruma süresi üzerindeki etkisini anlamak adına 9. ve 12. koşulları karşılaştırıldığında 50 °C kurutma sıcaklığı ve 20 dakika muamele süresi uygulanan örneklerde muamele konsantrasyon %0 dan %10 çıktığında

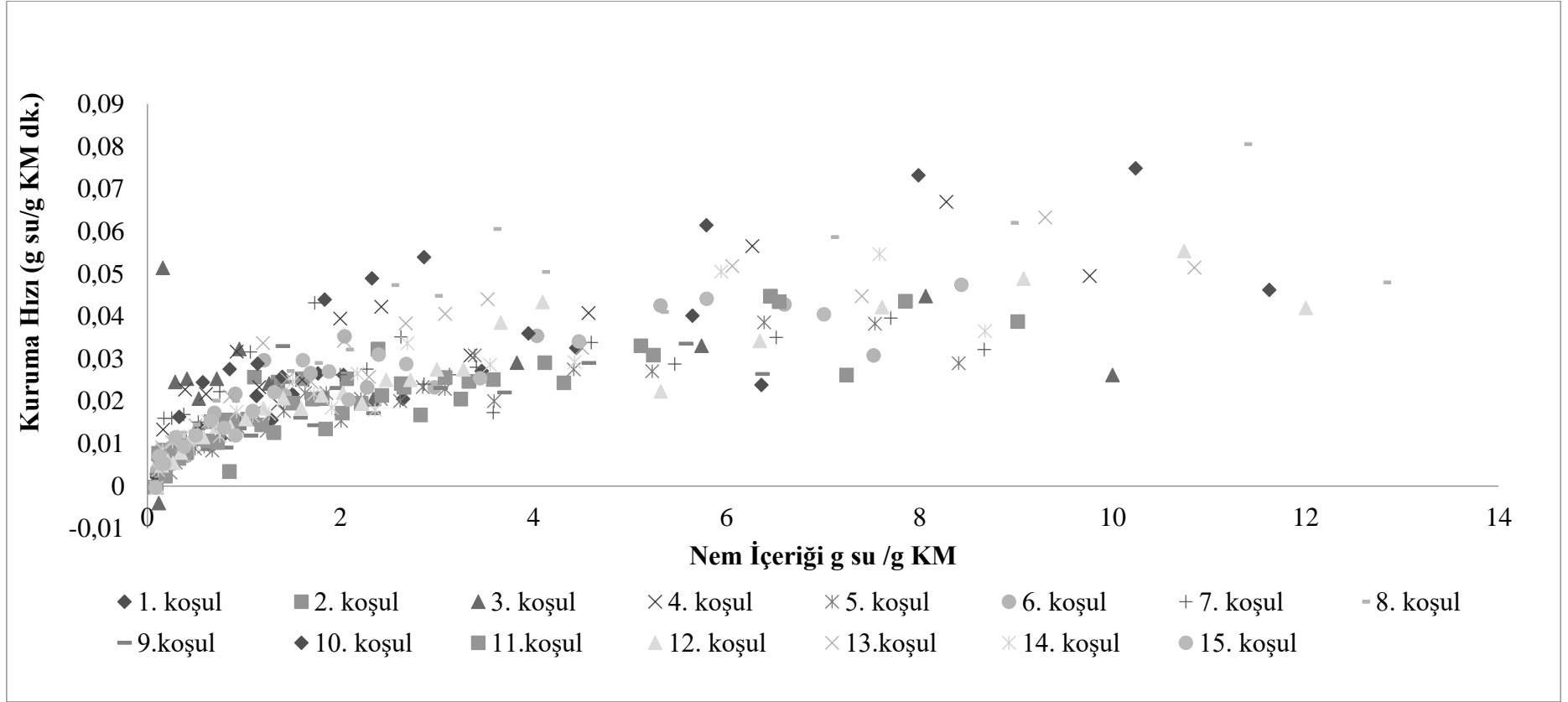
kuruma süresi %9,46 oranında azalmıştır. 1. ve 8. koşullarda 60 °C ve 35 dk parametrelerinde konsantrasyonun %0 dan %10 çıktığı durumda kuruma süresi değişmemiştir. 6. ve 13. ise aynı koşullarda 5 dakika muamele konsantrasyon artışıyla kuruma süresi %5,45 düşmüştür. 7. ve 10. Koşullarda 70 °C kuruma sıcaklığında ve 20 dk muamele süresinde %0 dan %10 konsantrasyona artış kuruma süresinde %17,24 oranında azalmaya sebebiyet vermiştir. Genel olarak konsantrasyondaki artışın kuruma süresinin azalmasına sebebiyet verdiği gözlemlenmektedir. Bu durum tuzun iyonizasyon özelliği ve düşük molekül ağırlığı ile ürüne nüfuz etmesiyle su çıkışını arttırmasıyla açıklanabilir. Bu sonuçlar literatürdeki çalışmalar ile uyumludur (Eren ve Kaymak-Ertekin, 2007; Sereno, Moreira ve Martinez, 2001). Tüm etkiler göz önünde bulundurulduğunda ise sıcaklığın kurutma süresi üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu belirtilebilir.



Şekil 4.2. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş ışkın örneklerinin nem içeriği değerlerinin zamana bağlı değişimi



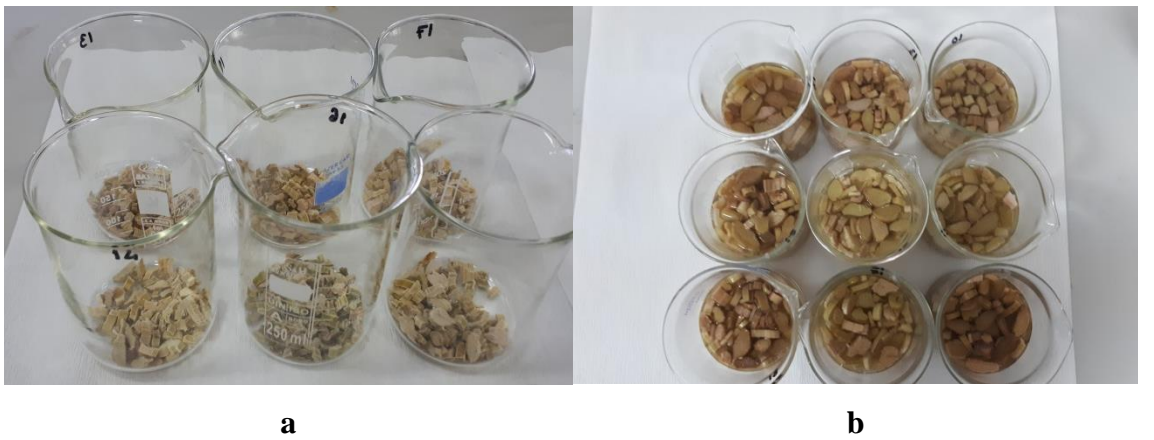
Şekil 4.3. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş ışkın örneklerinin nem oranlarının zamana bağlı değişimi



Şekil 4.4. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş ışkın örneklerinin kuruma hızlarının nem içeriğine bağlı değişimi

4.3. Rehidrasyon Analizi Değerleri

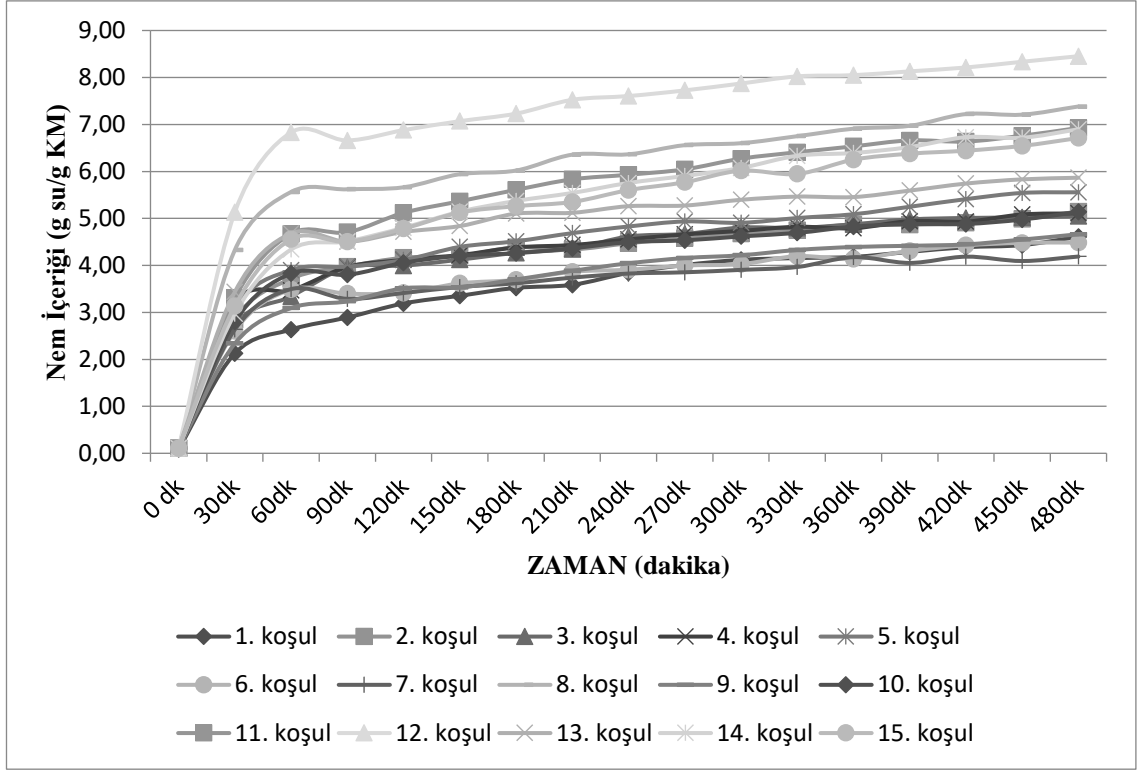
30 °C de gerçekleştirilen rehidrasyon analizi için nem içeriğinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.6’de, 45 °C de gerçekleştirilen rehidrasyon analizi için nem içeriğinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.7’de ve 60 °C de gerçekleştirilen rehidrasyon analizi için nem içeriğinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.8’da gösterilmiştir. Rehidrasyon analizi 480 dakika süresince gerçekleşmiş (Şekil 4.5.) ve 30 dakikalık periyotlar ile ölçüm alınmıştır (Çizelge 4.1.). Süre sonunda en yüksek nem içeriği incelen üç rehidrasyon sıcaklığı için 12. koşul olurken, en düşük nem içeriği 30 ve 45 °C’de rehidrasyon analizi gerçekleştirilen 7. koşul, 60 °C için 14. koşulda elde edilmiştir. En yüksek rehidrasyon kapasitesi ve oranı değerleri de 12. koşulda elde edilmiştir (Çizelge 4.5.). Rehidrasyon analiz sıcaklığının 30 °C den 60 °C ye çıkmasıyla son nem içeriği, rehidrasyon kapasitesi ve rehidrasyon oranı değerleri artış göstermiştir. Bu durum su moleküllerinin kinetik enerjisinin sıcaklık artışıyla artmasına bağlı olarak örneklerle su difüzyonunun hızlanması olarak açıklanabilmektedir. Güneşte kurutulmuş bamya örneklerinin 3 farklı rehidrasyon sıcaklığında (25, 35 ve 45 °C) analizini gerçekleştiren bir çalışmada yüksek sıcaklığın rehidrasyon analizinde nem kazanımını arttırdığı sonucuna varılmıştır (Demiray ve Tülek, 2016). Literatürde ayva için yapılan bir araştırmada benzer sonuçlar bulunmuştur (Noshad, Mohebbi, Shahidi ve Mortazavi, 2012). 45 °C rehidrasyon sonuçlarına göre sabit sıcaklık ve muamele konsantrasyonu olduğu koşullarda muamele süresi arttıkça MC, RC ve RR değerleri düşmüştür.



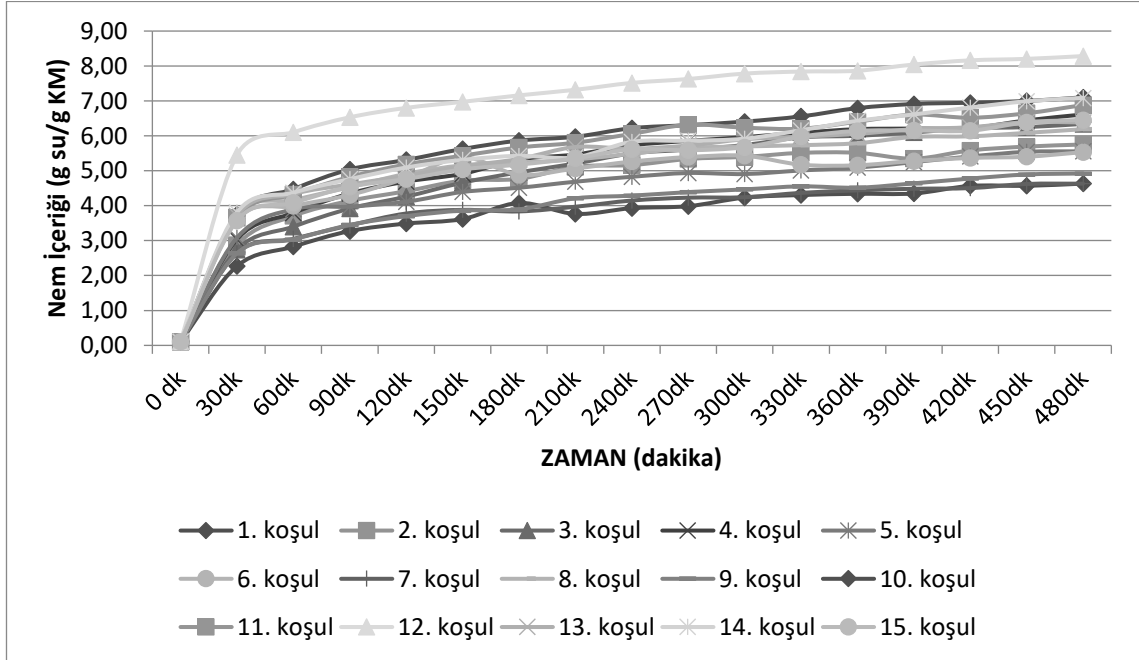
Şekil 4.5. Rehidrasyon Analizdeki *Rheum ribes* Örnekleri (a) Rehidrasyon Öncesi (b) Rehidrasyon Sonrası

Çizelge 4.1. *Rheum ribes* bitkisinin kurutma koşullarına göre 30 °C, 45 °C ve 60 °C rehidrasyon sıcaklıkları için son nem içeriği (MC), rehidrasyon kapasitesi (RC) ve rehidrasyon oranı (RR) değerleri

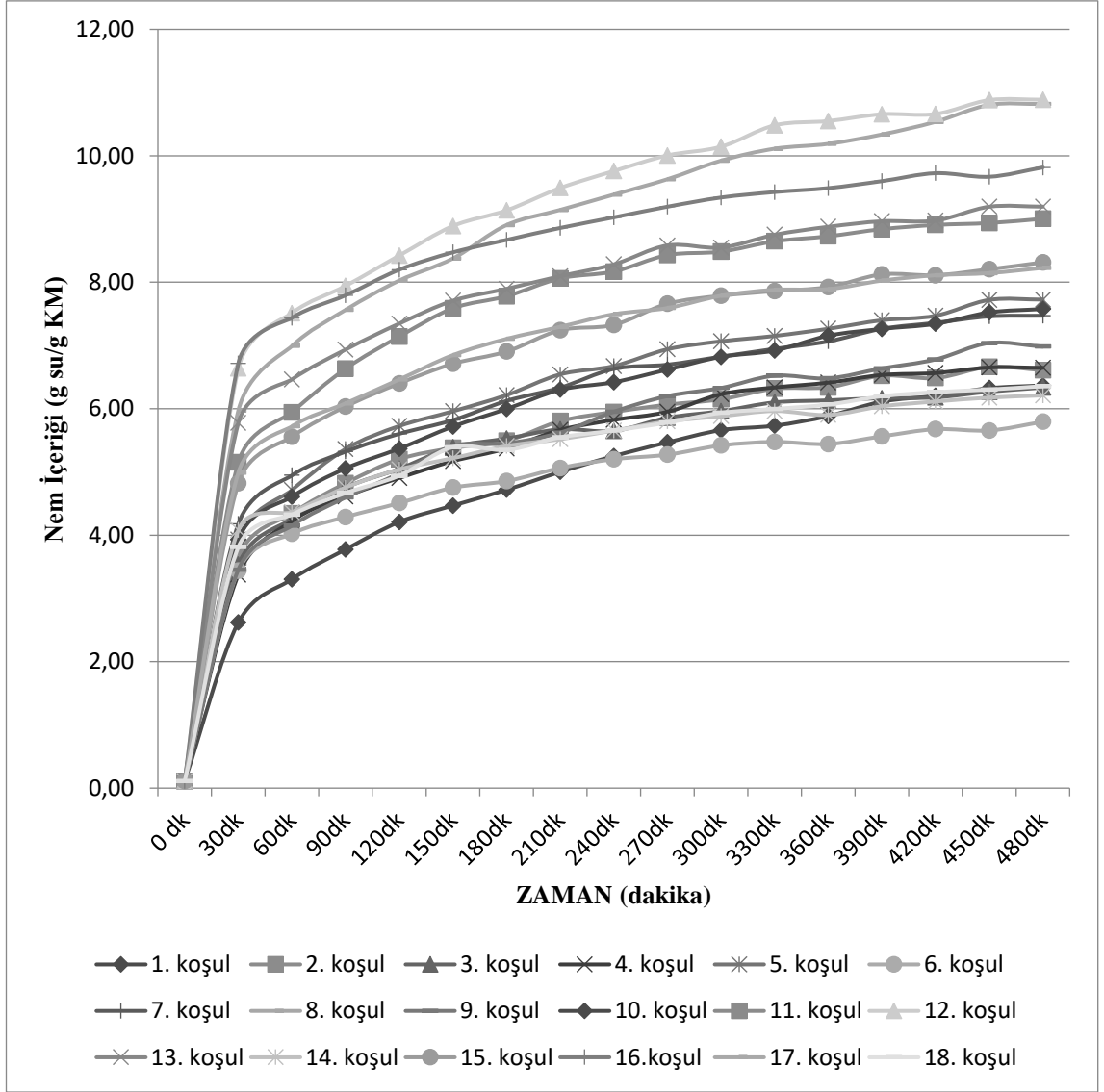
Bağımlı Değişkenler									
	30 °C			45 °C			60 °C		
	MC	MC	MC	RC	RC	RC	RR	RR	RR
1. koşul	4,61	4,63	6,37	415,28	406,87	563,12	4,52	4,52	6,26
2. koşul	5,15	5,75	6,61	453,10	507,67	584,86	5,03	5,64	6,50
3. koşul	5,05	6,34	6,33	444,66	560,78	560,10	4,94	6,23	6,22
4. koşul	5,11	6,61	6,65	449,69	585,13	588,21	5,00	6,50	6,54
5. koşul	5,56	5,56	7,73	490,04	490,04	685,38	5,44	5,44	7,62
6. koşul	4,49	5,53	5,79	393,69	488,00	511,41	4,37	5,42	5,68
7. koşul	4,19	4,63	7,47	366,97	406,78	662,40	4,08	4,52	7,36
8. koşul	7,38	6,19	10,82	654,47	547,10	963,75	7,27	6,08	10,71
9. koşul	4,66	4,92	6,98	409,71	433,03	618,42	4,55	4,81	6,87
10. koşul	5,14	7,10	7,58	452,41	629,28	671,92	5,03	6,99	7,47
11. koşul	6,93	6,88	9,00	613,30	609,34	800,44	6,81	6,77	8,89
12. koşul	8,45	8,28	10,89	750,73	735,48	969,88	8,34	8,17	10,78
13. koşul	5,87	6,38	9,20	610,78	564,55	817,63	5,76	6,27	9,08
14. koşul	6,90	7,09	6,21	610,78	627,77	548,99	6,79	6,98	6,10
15. koşul	6,71	6,45	8,31	593,98	570,82	738,33	6,60	6,34	8,20



Şekil 4.6. 30 °C de gerçekleştirilen rehidrasyon analizi için nem içeriğinin zamana bağlı değişimi



Şekil 4.7. 45 °C de gerçekleştirilen rehidrasyon analizi için nem içeriğinin zamana bağlı değişimi

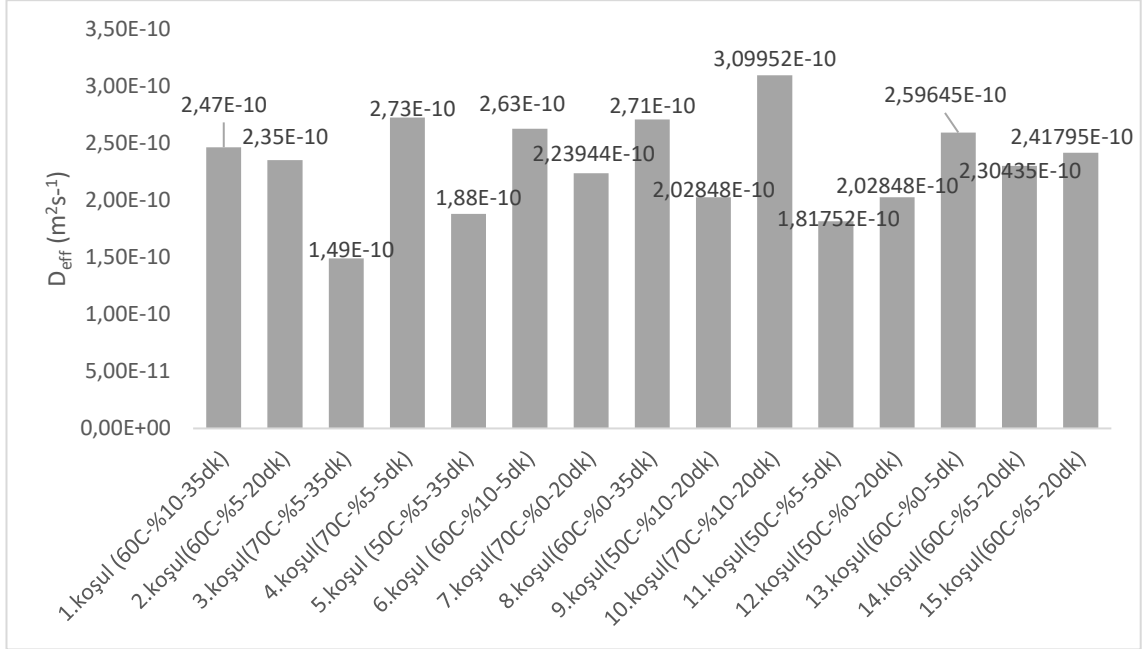


Şekil 4.8. 60 °C de gerçekleştirilen rehidrasyon analizi için nem içeriğinin zamana bağlı değişimi

4.4.Efektif Difüsite Değerleri

Işkın bitkisinin efektif difüsite değerleri $1,49 \times 10^{-10}$ ile $3,10 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ değerleri arasında yer almıştır (Şekil 4.9.). En düşük değer 3. Koşulda (70 °C-%5-35 dk), en yüksek değer 10. koşulda (70 °C-%10-20 dk) elde edilmiştir. 3 merkez noktası olan 2., 14. ve 15. koşullar doğal olarak birbirine yakın difüsite değerleri almıştır. Bu sonuç, kurutma koşullarının ve rehidrasyon analiz koşullarının kesinliğini ortaya koymaktadır. *Rheum ribes* bitkisinin literatürde 3 farklı sıcaklıkta kabin tipi kurutucuda kuruma karakteristiği inceleyen çalışmada efektif difüsite değerleri 50 °C için $0,456 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$,60 °C için

$0,684 \times 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ ve $70 \text{ }^\circ\text{C}$ $1,597 \times 10^{-10}$ olarak raporlanmıştır (Sharifi ve diğeri, 2020) Çalışma kapsamında elde edilen bu sonuçlar gıdalar için literatürde raporlanan aralık ile (10^{-12} - $10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) de uyumludur (Zogzas, Maroulis ve Marinos-Kouris, 1996).



Şekil 4.9. Efektif Difüsite Değerleri

4.5. Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi

Rheum ribes bitkisinin kurutma davranışını açıklamak amacıyla literatürdeki ince tabaka kurutma modelleri incelenmiş ve veri analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen hesaplamalarda ki-kare değeri (χ^2), belirleme katsayısı (R^2), tahmini standart hata (RMSE) değerleri ve model katsayıları (k , n , a , b , α) Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Araştırma kapsamında incelenen ince tabaka kurutma modellerinde R^2 değerleri 0,7801 ile 0,9916 arasında hesaplanmıştır. Kurutma davranışını en iyi açıklayan model, en düşük en yüksek R^2 ve en düşük X^2 ve RMSE değerlerini veren model olan Page ve Modifiye Page olarak belirlenmiştir. Page ve Modifiye Page modelinin R^2 değerleri 0,9434 ile 0,9916 arasında yer almıştır.

Kurutma koşulları Box-Behnken deneme desenine göre belirlenmiştir. 4.,5.,9.,13. ve 14. koşullarda Wang ve Sing kurutma modeli Page ve Modifiye Page modellerine kıyasla

daha yüksek R^2 değeri ve en düşük RMSE değerine sahip olmuştur. Güneş enerjili kurutucuda maydanozun (Akpınar, 2011) ve çeşitli önışlemler etkisinde muzun kuruma karakteristiği inceleyen bir araştırmada Wang ve Singh modeli davranışı en iyi açıklayan model olmuştur (Dattatreya M. Kadam ve Dhingra, 2011). Ancak belirleme katsayısı olan R^2 en yüksek değer alması kadar RMSE değerlerinin de minimum değerleri vermesi gerekir.

Rheum ribes bitkisinin 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarda kabin tipi kurutucu ile kurutulmasını araştıran bir araştırmada, ince tabaka modeller içinde Page modeli 0,9965 ve 0,9719 R^2 değerlerini almıştır. Modifiye Page ise 0,9900 ile 0,9719 değerleri arasında değişen R^2 değerlerine sahip olmuştur (Sharifi ve diğerleri, 2020).

Nane, fesleğen ve maydanoz gibi aromatik bitkilerin güneşte kuruma davranışlarının incelendiği bir araştırmada 12 farklı ince tabaka model incelenmiştir. Nane ve fesleğen in kuruma davranışını en iyi açıklayan modelin Modifiye Page modeli olduğu belirtilmiştir (Akpınar, 2010).

Havuç, kırmızı pancar, maydanoz ve soğanın konvansiyonel kurutma sisteminde kuruma karakteristiği incelenen bir çalışmada sıcaklığın ve ürün kalınlığının matematiksel modellere uyumu araştırılmıştır. 50, 60 ve 70 °C'lerde ve 5-10 mm kalınlığındaki örneklerin kuruma karakteristikleri 5 model üzerinde incelenmiştir. Sebze türlerinin, kurutma havası sıcaklığının ve dilim kalınlığının model parametreleri üzerinde etkisinin olduğu ve Page modelin en yüksek uyuma sahip olduğu belirlenmiştir (Górnicki, Kaleta ve Choińska, 2020). Sonuç olarak çalışma kapsamında elde edilen sonuç literatürde elde edilen sonuçlar ile uyumludur.

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler

MODEL			R ²	RMSE	X ²
1.KOŞUL	PAGE	k= 0,000534166 n= 1,560786067	0,98602	0,005228	0,000634
	MODİFİYE PAGE	k= 0,008006318 n= 1,5608	0,98602	0,005231	0,000635
	LOGARİTMİK	k= 0,0186 a= 2,885505208 b= 1,0597	0,7867	0,099353	0,241842
	LEWIS	k= 0,0118	0,958	0,021985	0,010658
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0152 a= 2,084647967	0,9053	0,056954	0,075289
	TWO TERM EXP	k= 0,00907022 a= 0,675813898	0,9053	0,015665	0,005696
	WANG AND SING	α= -0,0057 b= 0,000008	0,9765	0,005511	0,000705
	MODEL		R ²	RMSE	X ²
	PAGE	k= 0,000545613 n= 1,537	0,981	0,006299	0,000999
	MODİFİYE PAGE	k= 0,007543661 n= 1,5449	0,9788	0,006474	0,001056
2.KOŞUL	LOGARİTMİK	k= 0,0168 a= 2,728358101 b= 1,0037	0,8199	0,084814	0,190264
	LEWIS	k= 0,0111	0,9527	0,02185	0,011482
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0145 a= 2,185402452	0,8949	0,058157	0,085199
	TWO TERM EXP	k= 0,008599891 a= 0,686067925	0,8949	0,014411	0,005231
	WANG AND SING	α= -0,0054 b= 0,00001	0,985	0,47971	5,796863

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler (devam)

MODEL		R²	RMSE	X²	
3.KOŞUL	PAGE	k= 0,001063915 n= 1,3877	0,9916	0,005876	0,000531
	MODİFİYE PAGE	k= 0,007203424 n= 1,3877	0,9916	0,005876	0,000531
	LOGARİTMİK	k= 0,0133 a= 1,27124915 b= 0,24	0,8858	0,033129	0,018549
	LEWIS	k= 0,0081	0,9809	0,016389	0,003783
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0092 a= 1,215432524	0,9474	0,019044	0,005572
	TWO TERM EXP	k= 0,00594077 a= 0,548620872	0,9474	0,04498	0,031084
	WANG AND SING	a= -0,0053 b= 0,00001	0,9409	0,004891	0,000367
	MODEL	R²	RMSE	X²	
4.KOŞUL	PAGE	k= 0,000876915 n= 1,5066	0,9706	0,007221	0,000902
	MODİFİYE PAGE	k= 0,0093519 n= 1,5066	0,9706	0,007221	0,000902
	LOGARİTMİK	k= 0,0169 a= 1,804168823 b= 0,5901	0,8093	0,058177	0,06346
	LEWIS	k= 0,0134	0,9335	0,025816	0,010711
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0168 a= 1,870115138	0,8385	0,062366	0,067319
	TWO TERM EXP	k= 0,010171786 a= 0,651627325	0,8385	0,019606	0,006653
	WANG AND SING	a= -0,0067 b= 0,00001	0,9868	0,006441	0,000718

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler (devam)

		MODEL	R²	RMSE	X²
5.KOŞUL	PAGE	k= 0,000642078 n= 1,4511	0,9822	0,00457	0,000671
	MODİFİYE PAGE	k= 0,006307452 n= 1,451	0,9822	0,004554	0,000666
	LOGARİTMİK	k= 0,0132 a= 2,650106956 b= 0,9746	0,8464	0,065652	0,143672
	LEWIS	k= 0,0089	0,9564	0,017677	0,009698
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0116 a= 2,173633084	0,9133	0,046691	0,070073
	TWO TERM EXP	k= 0,006884666 a= 0,684903713	0,9133	0,011533	0,004276
	WANG AND SING	a= -0,0045 b= 0,00001	0,9842	0,002518	0,000204
			MODEL	R²	RMSE
6.KOŞUL	PAGE	k= 0,000507253 n= 1,584	0,9824	0,006405	0,000871
	MODİFİYE PAGE	k= 0,008316972 n= 1,584	0,9824	0,006405	0,000871
	LOGARİTMİK	k= 0,0162 a= 2,14963917 b= 0,7653	0,8946	0,0668	0,100679
	LEWIS	k= 0,0125	0,9512	0,025365	0,012904
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0162 a= 2,14963917	0,8946	0,06625	0,093202
	TWO TERM EXP	k= 0,00962851 a= 0,682503314	0,8946	0,016666	0,005898
	WANG AND SING	a= -0,0057 b= 0,00001	0,9152	0,005151	0,000563

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler (devam)

MODEL		R²	RMSE	X²	
7.KOŞUL	PAGE	k= 0,000429023 n= 1,558	0,9434	0,010708	0,002775
	MODİFİYE PAGE	k= 0,00689545 n= 1,558	0,9434	0,010708	0,002775
	LOGARİTMİK	k= 0,0142 a= 2,369312906 b= 0,8626	0,7884	0,072751	0,134824
	LEWIS	k= 0,0101	0,9097	0,027962	0,01802
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0138 a= 2,346441676	0,8091	0,071292	0,122998
	TWO TERM EXP	k= 0,00811204 a= 0,70117513	0,8091	0,01733	0,007268
	WANG AND SING	a= -0,0043 b= 0,000003	0,9376	0,002448	0,000145
	MODEL	R²	RMSE	X²	
8.KOŞUL	PAGE	k= 0,000430226 n= 1,6101	0,9787	0,006476	0,000932
	MODİFİYE PAGE	k= 0,008114433 n= 1,6101	0,9787	0,006476	0,000932
	LOGARİTMİK	k= 0,018 a= 2,716651349 b= 0,9994	0,7801	0,094681	0,210929
	LEWIS	k= 0,0126	0,9374	0,025976	0,014205
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0167 a= 2,408971758	0,8668	0,077589	0,133777
	TWO TERM EXP	k= 0,009785215 a= 0,706656414	0,8668	0,015351	0,005237
	WANG AND SING	a= -0,0057 b= 0,000007	0,9642	0,006111	0,00083

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler (devam)

MODEL		R²	RMSE	X²	
9.KOŞUL	PAGE	k= 0,000892575 n= 1,4206	0,9816	0,004829	0,000634
	MODİFİYE PAGE	k= 0,00713631 n= 1,4206	0,9816	0,004829	0,000634
	LOGARİTMİK	k= 0,0145 a= 2,453461783 b= 0,8975	0,8132	0,067542	0,129602
	LEWIS	k= 0,0098	0,9599	0,017589	0,008056
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0125 a= 1,970130925	0,9101	0,044907	0,054799
	TWO TERM EXP	k= 0,007515115 a= 0,663314505	0,9101	0,014355	0,005599
	WANG AND SING	a= -0,0052 b= 0,000007	0,9949	0,004271	0,000496
	MODEL	R²	RMSE	X²	
10.KOŞUL	PAGE	k= 0,000342103 n= 1,6998	0,9804	0,00671	0,000823
	MODİFİYE PAGE	k= 0,009141733 n= 1,6998	0,9804	0,00671	0,000823
	LOGARİTMİK	k= 0,0206 a= 2,502023989 b= 0,9171	0,7904	0,100193	0,197683
	LEWIS	k= 0,0148	0,9354	0,031829	0,01729
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0191 a= 2,278004863	0,8579	0,085004	0,132126
	TWO TERM EXP	k= 0,011268859 a= 0,694936389	0,8579	0,019479	0,006938
	WANG AND SING	a= -0,0061 b= 0,000008	0,8469	0,007068	0,000914

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler (devam)

MODEL			R ²	RMSE	X ²
11.KOŞUL	PAGE	k= 0,001202202 n= 1,3412	0,9776	0,004547	0,000644
	MODİFİYE PAGE	k= 0,006650105 n= 1,3412	0,9776	0,004547	0,000644
	LOGARİTMİK	k= 0,0117 a= 2,013148672 b= 0,6997	0,8902	0,042134	0,057425
	LEWIS	k= 0,0088	0,9594	0,014461	0,006281
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0112 a= 1,942352758	0,906	0,039044	0,047484
	TWO TERM EXP	k= 0,006746436 a= 0,660135924	0,906	0,013102	0,005347
	WANG AND SING	a= -0,005 b= 0,000006	0,9866	0,006423	0,001285
	MODEL			R ²	RMSE
12.KOŞUL	PAGE	k= 0,000565557 n= 1,4938	0,9875	0,003906	0,00046
	MODİFİYE PAGE	k= 0,006698819 n= 1,4938	0,9875	0,003906	0,00046
	LOGARİTMİK	k= 0,0135 a= 2,408008362 b= 0,8788	0,8779	0,058505	0,107339
	LEWIS	k= 0,0096	0,9606	0,018354	0,009781
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0125 a= 2,150714258	0,9203	0,047599	0,068319
	TWO TERM EXP	k= 0,007428928 a= 0,68261165	0,9203	0,013011	0,005105
	WANG AND SING	a= -0,0047 b= 0,000005	0,8909	0,00588	0,001042

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler (devam)

MODEL		R²	RMSE	X²	
13.KOŞUL	PAGE	k= 0,000729683 n= 1,5031	0,9686	0,007172	0,001194
	MODİFİYE PAGE	k= 0,008185953 n= 1,5031	0,9686	0,007172	0,001194
	LOGARİTMİK	k= 0,0176 a= 2,708242769 b= 0,9963	0,7952	0,090954	0,202679
	LEWIS	k= 0,0122	0,9421	0,023507	0,012185
	HENDERSON- PABIS	k= 0,016 a= 2,32704681	0,8725	0,070688	0,11598
	TWO TERM EXP	k= 0,009414904 a= 0,699433144	0,8725	0,013732	0,004377
	WANG AND SING	a= -0,0057 b= 0,000008	0,9904	0,004319	0,000433
	MODEL	R²	RMSE	X²	
14.KOŞUL	PAGE	k= 0,000877091 n= 1,4563	0,9813	0,004992	0,000603
	MODİFİYE PAGE	k= 0,007959306 n= 1,4563	0,9813	0,004992	0,000603
	LOGARİTMİK	k= 0,0162 a= 2,40343749 b= 0,8769	0,7933	0,071703	0,13097
	LEWIS	k= 0,0112	0,9554	0,01825	0,007676
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0142 a= 0,6888	0,8914	0,041794	0,042271
	TWO TERM EXP	k= 0,008524945 a= 0,665699928	0,8914	0,014918	0,005385
	WANG AND SING	a= -0,006 b= 0,000009	0,9835	0,002863	0,000198

Çizelge 4.2. *Rheum ribes* bitkisi için kuruma kinetiğini tanımlayan modellere ait parametreler (devam)

MODEL			R ²	RMSE	X ²
15. KOŞUL	PAGE	k= 0,001148498 n= 1,4123	0,9697	0,006381	0,000985
	MODİFİYE PAGE	k= 0,0082867 n= 1,4123	0,9697	0,006381	0,000985
	LOGARİTMİK	k= 0,0166 a= 2,437565999 b= 0,891	0,8353	0,07386	0,138968
	LEWIS	k= 0,0117	0,9558	0,019752	0,008992
	HENDERSON- PABIS	k= 0,0149 a= 2,086524994	0,8952	0,0558	0,075351
	TWO TERM EXP	k= 0,008890156 a= 0,676011047	0,8952	0,013944	0,004705
	WANG AND SING	a= -0,0059 b= 0,000008	0,9914	0,006505	0,001024

4.6. Duyusal Analiz Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

Duyusal analiz kapsamında 10 paneliste 15 koşul ve yaş örnek sunulmuştur. Yaş örnek tüm kriterlerde en yüksek değeri almıştır (Çizelge 4.3.). Genel beğeni kapsamındaki puanlamalarda ise yaş örnek kuru örneklerden istatistiksel olarak anlamlı olarak ($p < 0,05$) ayrılmıştır. Ancak koşulların genel beğeni üzerinde etkisi olmamasına rağmen panelistler, tuzlu solüsyonlar uygulanan örneklerde tuz tadı aldıklarını ifade etmişlerdir. Koku kriteri açısından yaş örneklerle kurutulmuş formlar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p < 0,05$). Yaş örnekten sonra koku kriterinde en yüksek puanı 6,40 ile 11. koşul (50 °C-%5-5dk) sağlamıştır. Tat puanlamasında yaş örnek kurutulmuş örneklerden istatistiksel olarak ayrı grupta yer almıştır ($p > 0,05$), ancak kurutulmuş örnekler arasında istatistiksel açıdan bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Tat puanlamasında en yüksek değeri yaş örnekten sonra ortalama 5,70 puan ile 5. (50°C-%5-35dk), 2. (60°C-%5-20dk) ve 14. (60°C-%5-20dk) koşullar sağlamıştır. Muamele konsantrasyonu ve süresi aynı olan farklı sıcaklıklardaki 1-14, 9-10, 12-7 ve 5-3 koşullarında sıcaklık arttıkça koku ve tat puanları azalmıştır. Uçucu bileşikler, sebzelerin en önemli kalite unsurlarından biri olan aromanın, tüketici tercihi ve kabulü açısından belirleyici olmasına

önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Gıda prosesi aşamasında aroma genellikle kaybolmaktadır, değişmektedir veya bozulmaktadır (Zhenfeng Li, Raghavan ve Wang, 2010). İki farklı ozmotik önışlem uygulaması test edilerek kiraz domatesin uçucu bileşenler üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada her iki önışlemin domatesin aroma profilini önemli ölçüde değiştirdiği sonucuna varılmıştır (Heredia, Peinado, Rosa, Andrés ve Escriche, 2012). Görünüm kriterinin panelistlerce puanlanmasında yaş örnek, 1.koşul (60°C-%10-35dk), 7. koşul (70°C-%0-20dk) ve 10.koşul (70°C-%10-20dk) istatistiksel olarak diğer kurutulmuş ürünlerden farklı grupta yer almıştır (p<0,05). Panelistler kuru örneklerin tekstürel özelliklerinin yaş ürüne kıyasla kabul edilebilirliğinin az olduğunu ifade etmişlerdir. Fakat 1., 7., ve 10. koşullarda çiğnenebilirliğin iyileştiği belirtilmiştir. Bu önışlemlerin etkisinde bitki matrisine giren tuz kristallerinin tekstürel yapıyı iyileştirdiği şeklinde yorumlanmaktadır (Çınar, 2009). Duyusal analizde renk puanlamasında en yüksek puanı yaş örnek almıştır (Çizelge 4.2). İstatistiksel açıdan yaş örnekle 9. koşul (50°C-%10-20dk) aynı grupta yer almaktadır. Bu sonucu enstrümental renk analiz sonuçları da doğrulamaktadır (Çizelge 4.3.). En düşük renk puanı 4. koşul (70°C-%5-5dk) sağlamıştır.

Çizelge 4.3. Işkın Bitkisine Ait Duyusal Analiz Sonuçları

	Renk	Görünüm	Koku	Tat	Genel Beğeni
1	6,50 ±1,51 ^{bf}	5,80 ±2,15 ^b	6,00 ±2,54 ^a	5,50 ±1,65 ^b	5,60 ±2,01 ^b
2	6,10 ±1,60 ^{bf}	5,40 ±1,51 ^{bc}	6,10 ±2,47 ^a	5,70 ±1,64 ^b	5,50 ±1,72 ^b
3	5,00 ±0,94 ^{fg}	4,30 ±1,16 ^{bc}	5,60 ±2,17 ^a	4,70 ±1,70 ^b	4,80 ±1,40 ^b
4	4,40 ±1,43 ^e	4,10 ±1,20 ^{bc}	5,90 ±1,91 ^a	4,50 ±1,35 ^b	4,70 ±0,95 ^b
5	6,30 ±1,70 ^{bf}	4,50 ±1,78 ^{bc}	6,20 ±2,30 ^a	5,70 ±1,89 ^b	5,70 ±1,83 ^b
6	5,90 ±1,66 ^{bf}	4,50 ±1,08 ^{bc}	5,80 ±2,30 ^a	4,40 ±1,58 ^b	4,80 ±1,68 ^b
7	5,30 ±1,16 ^{fg}	3,70 ±1,42 ^c	6,10 ±2,38 ^a	4,40 ±1,17 ^b	5,00 ±1,41 ^b
8	5,40 ±0,84 ^{cg}	4,50 ±1,58 ^{bc}	5,80 ±2,30 ^a	5,10 ±1,73 ^b	5,40 ±1,58 ^b
9	7,10 ±1,37 ^a	4,80 ±1,75 ^{bc}	6,20 ±2,30 ^a	5,30 ±1,77 ^b	5,20 ±1,62 ^b
10	5,60 ±1,58 ^{bg}	3,80 ±1,14 ^c	5,60 ±2,17 ^a	5,20 ±1,93 ^b	5,20 ±1,32 ^b
11	6,80 ±1,55 ^{bd}	5,10 ±1,97 ^{bc}	6,40 ±2,50 ^a	5,40 ±1,95 ^b	5,80 ±2,20 ^b
12	6,00 ±1,56 ^{bf}	4,80 ±1,55 ^{bc}	5,80 ±2,20 ^a	5,30 ±2,11 ^b	5,50 ±2,01 ^b
13	5,10 ±1,45 ^{eg}	4,20 ±1,62 ^{bc}	5,60 ±2,32 ^a	5,10 ±1,53 ^b	5,00 ±1,94 ^b
14	6,60 ±1,65 ^{be}	4,60 ±1,78 ^{bc}	6,20 ±2,35 ^a	5,70 ±1,83 ^b	5,60 ±1,58 ^b
15	6,90 ±1,60 ^{bc}	5,10 ±2,33 ^{bc}	6,20 ±2,44 ^a	5,60 ±1,58 ^b	5,80 ±1,81 ^b
Yaş	8,30 ±0,82^a	7,90 ±1,37^a	7,20 ±1,99^a	7,70 ±1,49^a	7,70 ±1,57^a

a-f: Harfler, aynı kolanda farklı harfler veriler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark (p<0.05) olduğunu göstermektedir.

4.7. Toplam Fenolik Madde (TFEM) Değerleri

En yüksek toplam fenol madde miktarı yaş örnek için $138,41 \pm 40,29$ mg GAE/g KM olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.4.). Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş ürünlerde fenolik madde miktarı $40,92 \pm 2,99$ ila $60,93 \pm 1,90$ mg GAE/g KM arasında değişmiştir. İstatistiki açıdan kurutulmuş örneklerde en yüksek fenolik madde içeriği 9. koşulda elde edilmiştir ($p < 0,05$). En düşük değer ise 1. koşulda ($60\text{ }^{\circ}\text{C} - \%10\text{-}35\text{dk}$) ve 13. koşulda ($60\text{ }^{\circ}\text{C} - \%0\text{-}5\text{dk}$) elde edilmiştir (Çizelge 4.6.). Kurutma ile toplam fenolik madde içeriğinde %55-73 oranında bir düşüş gözlenmiştir. Ancak bu azalma oranı farklı kombinasyonlardaki kurutma koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bu bağlamda, sıcaklığın ve muamele konsantrasyonunun sabit olduğu 5-11 ve 8-13 koşullarında muamele süresi artışıyla birlikte toplam fenol içeriği artmış, fakat 1-6 koşullarında bunun tersi bir etki gözlemlenmiştir. Sıcaklığın ve sürenin sabit olduğu 9-12 ve 6-13 koşullarında muamele konsantrasyonu arttıkça toplam fenol içeriği yükselmiştir. 1-8 ve 7-10 koşullarında ise ters etki gözlemlenmiştir. Konsantrasyon miktarının ve sürenin sabit olduğu 9-10 ve 12-7 koşullarında sıcaklıkla toplam fenol miktarı düşmüş, 5-3 ve 11-4 koşullarında ters etki gözlemlenmiştir. *Rheum ribes* bitkisinin çeşitli kısımlarının biyoaktif bileşenleri inceleyen bir çalışmada Erzincan bölgesinden toplanan örneklerin metanol ekstraktlarının Folin-Ciocalteu yöntemiyle belirlenen toplam fenolik madde içeriği gövde $1969,03 \pm 6,38$ yaprak $1840,96 \pm 5,24$ ve çiçek $2100,96 \pm 8,21$ (GAE/mM) olarak raporlamıştır (Dursun, 2016). Alkaya ve diğerlerinin (2019) Urfa bölgesinden elde edilen ışkın örnekleriyle çeşitli ekstraksiyon yöntemleri kullanarak Folin-Ciocalteu yöntemiyle gerçekleştirdikleri çalışmada toplam fenol içeriği 0.30 ile 1.22 mg GAE /mL arasında değerler almıştır.

Çizelge 4.4. Işkın Bitkisine ait Toplam Fenolik Madde Miktarları

Koşul No	Koşul Bağımsız Değişkenleri (Sıcaklık-Tuz Konsantrasyonu-Önişlem Süresi)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFEM) (mgGAE/gKM)
1.koşul	60°C %10 35 dk	40,92±2,99 ^f
2.koşul	60°C %5 20 dk	50,84±2,00 ^{de}
3.koşul	70°C %5 35 dk	59,25±1,49 ^{ab}
4.koşul	70°C %5 5 dk	57,79±3,16 ^{ac}
5.koşul	50°C %5 35 dk	60,66±2,44 ^a
6.koşul	60°C %10 5 dk	51,92±2,72 ^d
7.koşul	70°C %0 20 dk	54,97±5,20 ^{bd}
8.koşul	60°C %0 35 dk	52,51±2,95 ^d
9.koşul	50°C %10 20 dk	60,93±1,90 ^a
10.koşul	70°C %10 20 dk	54,00±3,03 ^{cd}
11.koşul	50°C %5 5 dk	46,70±2,42 ^e
12.koşul	50°C %0 20 dk	50,82±2,41 ^{de}
13.koşul	60°C %0 5 dk	40,94±2,96 ^f
14.koşul	60°C %5 20 dk	53,50±4,32 ^{cd}
15.koşul	60°C %5 20 dk	53,19±4,93 ^d
Yaş örnek	- - -	138,41±40,29

a-f: Harfler, aynı kolanda farklı harfler veriler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark ($p<0.05$) olduğunu göstermektedir.

4.8. Renk Analizi Değerleri

Işkın bitkisinin renk analizi sonuçları Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6'te verilmiştir. En yüksek L^* , -a (yeşillik), +b (sarıklık), ΔE ve Chroma değerine yaş örnekten sonra 9. koşulda (50 °C-%10-20 dk) ulaşılmıştır. Sıcaklığın ve muamele süresinin aynı olduğu koşullarda muamele konsantrasyonunun artışıyla beraber renk parametrelerinin arttığı (L^* , -a (yeşillik), +b (sarıklık), ΔE) gözlemlenmiştir. Patatesin çeşitli tuz ve ananasın çeşitli şeker konsantrasyonlarında önişlem uygulayarak aralıklı kızılötesi ve sürekli konveksiyon kurutma yönteminin kombinasyonu kullanılarak kuruma kalitesi araştırılan bir çalışmada, ozmotik önişleme tabii tutulan numunelerin renklerini koruduğu, ön işlemsiz örneklerin ise önemli ölçüde kahverengi olduğu belirtilmiştir (Tan, Chua, Mujumdar ve Chou, 2001). Konsantrasyon miktarı ve süresinin aynı olduğu koşullarda sıcaklığın artışıyla beraber renk değerlerde düşüş gerçekleşmiştir. Literatürde 5, 50, 55, 60, ve 65 °C sıcaklıklarda kabin tipi kurutucuda kurutulan adaçayı üzerinde yapılan çalışmada benzer

etki gözlemlenmiştir (I. Doymaz ve Karasu, 2018). Yeşil hardal bitkisinin çeşitli ön işlemlerin etkisinde kurutulmasını inceleyen bir çalışmada yeşil bitkiler için önemli bir kalite parametresi ve yeşil renk pigmenti olan klorofil miktarı ölçülmüştür. En düşük toplam klorofil miktarı güneşte kurutma ile elde edilirken, en yüksek miktar mikrodalga destekli %2 NaCl ön işlemleri uygulanan tepsili kurutma yöntemi ile elde edilmiştir (Nayak, Mohan ve Radhakrishnan, 2018).

Çizelge 4.5. *Rheum ribes* bitkisine ait renk analizi sonuçları (L*, a*, b*)

Koşul No	L*	a*	b*
1.koşul	55,80 ±4,45 ^{bc}	-1,91 ±0,52 ^{fg}	13,49 ±2,08 ^{ab}
2.koşul	57,18 ±4,66 ^{ab}	-1,64 ±1,01 ^{eg}	13,63 ±2,07 ^{ab}
3.koşul	51,24 ±3,87 ^{df}	0,04 ±0,24 ^{ac}	11,33 ±1,52 ^c
4.koşul	47,28 ±3,38 ^g	0,40 ±0,66 ^{ab}	11,03 ±1,68 ^c
5.koşul	52,60 ±2,85 ^{cf}	-1,42 ±0,52 ^{ef}	11,03 ±0,85 ^c
6.koşul	51,93 ±3,75 ^{df}	-0,57 ±0,57 ^{cd}	11,52 ±1,14 ^c
7.koşul	49,59 ±2,34 ^{fg}	0,48 ±0,36 ^a	10,36 ±1,51 ^c
8.koşul	52,36 ±3,25 ^{df}	-0,20 ±0,40 ^{ac}	11,67 ±1,47 ^c
9.koşul	59,29 ±3,84 ^a	-2,27 ±0,87 ^g	14,43 ±1,15 ^a
10.koşul	50,33 ±3,67 ^{fg}	-0,15 ±0,40 ^{ac}	11,31 ±1,37 ^c
11.koşul	54,49 ±3,31 ^{bd}	-1,63 ±1,03 ^{eg}	11,67 ±1,39 ^c
12.koşul	51,71 ±4,13 ^{df}	-0,28 ±0,39 ^{bc}	10,95 ±1,34 ^c
13.koşul	50,55 ±3,76 ^{eg}	0,04 ±0,22 ^{ac}	11,38 ±1,12 ^c
14.koşul	53,87 ±4,45 ^{ce}	-1,41 ±0,71 ^{ef}	12,97 ±1,10 ^b
15.koşul	57,32 ±3,73 ^{ab}	-1,02 ±0,65 ^{de}	14,07 ±1,17 ^{ab}
Yaş örnek	43,11 ±5,30	-6,00 ±1,41	10,62 ±2,13

a-f: Harfler, aynı kolanda farklı harfler veriler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark (p<0.05) olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.6. *Rheum ribes* bitkisi ait renk analizi sonuçları (ΔE , Chroma, Hue)

Koşul No	ΔE	Chroma	Hue
1.koşul	13,90 $\pm 4,07^{bc}$	13,63 $\pm 2,09^{ab}$	98,07 $\pm 1,95^a$
2.koşul	15,24 $\pm 4,56^{ab}$	13,77 $\pm 2,16^{ab}$	96,47 $\pm 4,42^{ab}$
3.koşul	10,49 $\pm 3,13^{df}$	11,34 $\pm 1,51^{cd}$	89,74 $\pm 2,16^{df}$
4.koşul	8,19 $\pm 2,37^f$	11,07 $\pm 1,70^{cd}$	87,94 $\pm 4,44^{ef}$
5.koşul	10,65 $\pm 2,59^{df}$	11,14 $\pm 0,84^{cd}$	97,38 $\pm 2,82^a$
6.koşul	10,71 $\pm 2,95^{df}$	11,56 $\pm 1,13^{cd}$	92,74 $\pm 4,16^{cb}$
7.koşul	9,44 $\pm 1,55^{ef}$	10,38 $\pm 1,51^d$	87,28 $\pm 2,59^f$
8.koşul	11,21 $\pm 2,77^{ce}$	11,70 $\pm 1,46^{cd}$	90,75 $\pm 4,20^{de}$
9.koşul	17,12 $\pm 3,74^a$	14,64 $\pm 1,15^a$	98,93 $\pm 3,43^a$
10.koşul	9,78 $\pm 2,54^{df}$	11,34 $\pm 1,37^{cd}$	90,59 $\pm 4,21^{de}$
11.koşul	12,47 $\pm 2,87^{cd}$	11,83 $\pm 1,47^c$	97,54 $\pm 5,50^a$
12.koşul	10,76 $\pm 3,07^{df}$	10,97 $\pm 1,36^{cd}$	91,29 $\pm 3,03^{cb}$
13.koşul	9,96 $\pm 2,86^{df}$	11,39 $\pm 1,12^{cd}$	89,72 $\pm 1,77^{df}$
14.koşul	12,23 $\pm 3,70^{ce}$	13,06 $\pm 1,11^b$	96,15 $\pm 3,26^{ab}$
15.koşul	15,63 $\pm 3,15^{ab}$	14,13 $\pm 1,18^{ab}$	94,07 $\pm 3,83^{bc}$
Yaş örnek	-	12,21 $\pm 2,48$	119,27 $\pm 3,42$

a-f: Harfler, aynı kolanda farklı harfler veriler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark ($p < 0.05$) olduğunu göstermektedir.

4.9. Sonuçların Yüzey Yanıt Metodu (RSM) ile Değerlendirilmesi

Işkın bitkisinin sıcak hava ile kurutulmasının modellenmesi denemelerinde değişkenler ile yanıtlar arasındaki ilişkiyi ifade eden quadratik matematiksel model, regresyon analizi aracılığı ile ortaya konulmuştur. Lineer, quadratik ve interaksiyon etki terimleri modellere her bir değişken için eklenmiştir. Kareler toplamındaki artış analiz edilmiş ve model uygunsuzluğu (Lack of Fit) her bir yanıt için önemsiz olacak model seçilmiştir. Her bir yanıt için model uygunluğunun test edilmesinde kullanılan istatistikler Çizelge 4.7., 4.11 ve 4.17’de verilmiştir. Analiz edilen tüm regresyon modellerin %95 güven aralığında önemli olması göz önünde bulundurulmuş, buna uygun matematiksel formüller yanıt için belirlenmiştir. Belirlenen ve hesaplanan yanıtların üzerinde bağımsız değişkenlerin lineer, quadratik ve interaksiyon etkileri p-değerleri göz önünde bulundurulmuş olarak incelenmiştir. Lineer etki gösteren katsayıların haricinde p-değerlerinin 0,05’ten büyük olduğu durumlarda etkiler önemsiz bulunup modelden çıkarılmıştır. Oluşturulan modellerin çoğunda varyasyonu modeller açıklayabilmektedir ($R^2 > 0,9$). Ancak modellere her eklenen terim R^2 değerini yükseltmektedir. Bu sebeple R^2_{adj} değerleri de göz önünde bulundurulmuş, R^2 ve R^2_{adj} değerlerinin birbirine yakın olduğu modeller

değerlendirilmiştir. Düzeltilmiş regresyon katsayısı ile (R^2_{adj}) tahminlenen regresyon katsayısı (R^2_{pre}) arasındaki farkın 0,2'den az olması modellere uygunluk açısından önemlidir ve tüm yanıtlarda farkın 0,2'den az olması durumunda model kabul edilmiştir. Varyasyon katsayısı (C.V.) değeri, ortalamanın yüzdesi olarak ifade edilen standart sapmadır ve modellerde düşük bir değer alması beklenmektedir. Adequate Precision değeri bir sinyal-gürültü oranıdır ve 4'ten büyük olması yeterli model ayırımını sağlamaktadır. Bütün modellerde bu değer 4'ten büyük olması göz önünde bulundurulmuştur.

4.9.1. Bağımsız Değişkenlerin Kuruma Süresi, Toplam Kuruma Hızı ve Nem Oranı Üzerine Etkisi

Kuruma süresi, toplam kuruma hızı ve nem oranlarının modellenmesinde kullanılan model katsayıları ve model uygunluğunun test edilmesinde kullanılan istatistik değerler Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Çizelge 4.7. de verilen yanıtlara ilişkin R^2 ve R^2_{adj} değerleri 0,92'den büyük olup varyasyonu büyük oranda karşılamaktadır.

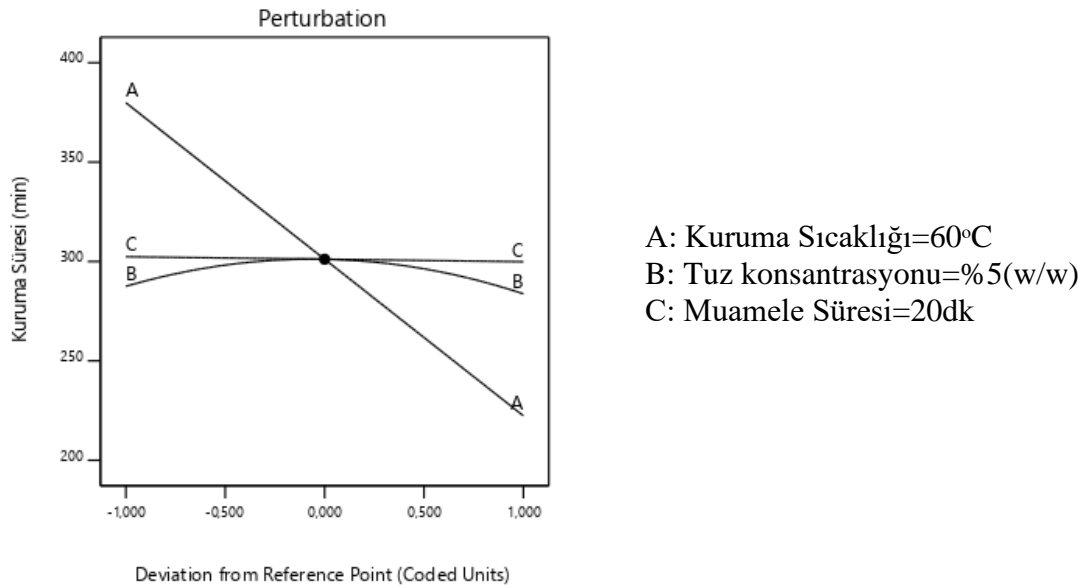
Çizelge 4.7. Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri

	Kuruma Süresi	Toplam Kuruma Hızı	Nem Oranı
X₀	301,14	0,0628	0,123719
X₁	-78,75	0,014021	-0,09098
X₂	-1,87	-0,00068	-0,00352
X₃	-1,25	0,000109	5,24E-05
X₁X₂	31,25	-0,0022	-0,0386
X₁X₃	-6,25	0,00336	-0,0109
X₂X₃	3,75	-0,00394	0,0126
X₁²	6,79	0,0004	0,0318
X₂²	-15,52	0,003915	-0,02837
X₃²	-0,7083	0,0011	-0,0204
R²	0,9871	0,9479	0,9717
Adj. R²	0,9779	0,9248	0,9474
Pre. R²	0,9442	0,8580	0,8484
Adeq Precision	31,3578	18,9485	20,0219
PRESS	1707,46	0,0088	0,0002
%C.V.	2,56	16,32	3,85

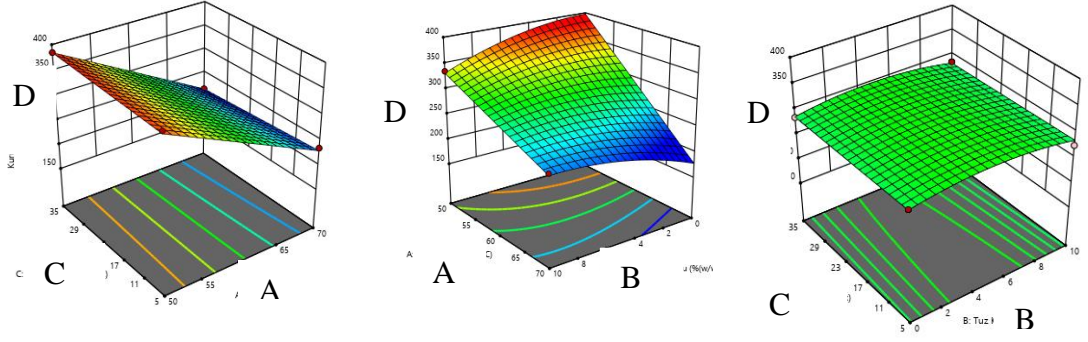
Rheum ribes örneklerinin 15 koşulda gerçekleştirilen kurutma işlemi 215-385 dakika aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 4.1.). Bağımsız değişkenlerin kuruma süresi üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.10'da, kontur grafikleri Şekil 4.11.'de görülmektedir. Kuruma sıcaklığı arttıkça kuruma süresi azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 4.10). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin kuruma süresi üzerine etkisini ortaya koyan denklem (12) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Y=301,143-78,75X_1-1,875X_2- 1,25X_3 + 31,25X_1X_2 -15,5179X_2^2 \quad (12)$$

Kurutma süresi yanıtı için oluşturulan quadratik modelin p-değerinin 0,0001'den büyük olması istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Gürültü nedeniyle F-değerinin 127,19 oluşma ihtimali %0,01 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.10. Bağımsız Değişkenlerin Kuruma Süresi Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.11. Kuruma Süresi İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Kuruma Süresi)

X_1 , X_1X_2 ve X_2^2 terimlerinin p-değerleri 0,05'ten küçük olduğundan model için istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.8). Hiyerarşiyi desteklemek için X_2 ve X_3 değerleri formüle dahil edilmiştir. Kuruma sıcaklığı kuruma süresi üzerinde ters etkiye sahiptir ve sıcaklık artışıyla süre kısalmaktadır. Tuz konsantrasyonunun quadratik etkisi de süre ile negatif ilişkidir. Ancak sıcaklık ve tuz konsantrasyonunun ortak etkisi ise süre ile doğrusal etki göstermektedir.

Çizelge 4.8. Kuruma Süresi Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

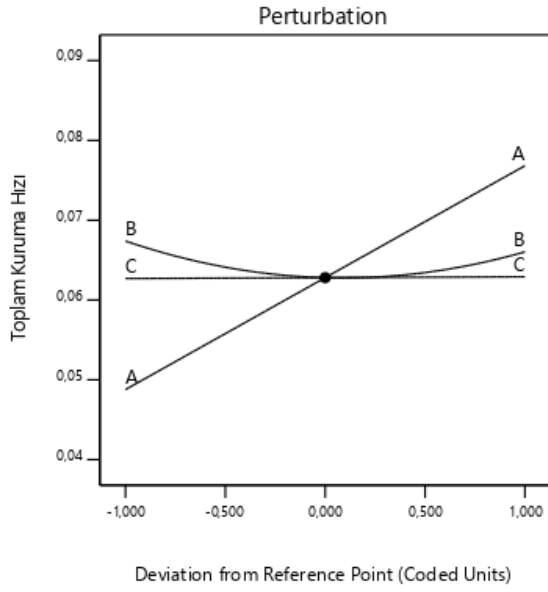
	Hata Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	30191,91	5	6038,38	107,05	< 0.0001
X_1	24806,25	1	24806,25	439,76	< 0.0001
X_2	18,75	1	18,75	0,3324	0,5823
X_3	12,50	1	12,50	0,2216	0,6521
X_1X_2	1302,08	1	1302,08	23,08	0,0020
X_1X_3	156,25	1	156,25	3,93	0,0947
X_2X_3	56,25	1	56,25	2,69	0,1993
X_1^2	116,53	1	116,53	5,58	0,0992
X_2^2	728,92	1	728,92	12,92	0,0088
X_3^2	1,27	1	1,27	0,0607	0,8213
Kalıntı	394,86	7	56,41		
Lack of Fit	382,19	5	76,44	12,07	0,0783
Saf Hata	12,67	2	6,33		
Toplam	30586,77	12			

Toplam kuruma hızı, ilk ve son nem miktarlarının farkının toplam kuruma süresine bölünmesiyle eşitlik-6'daki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam kuruma hızlarına ait model uygunluğunun testi için gerekli istatistik değerler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Toplam kuruma hızı için oluşturulan modelin p-değerinin 0,0001'den küçük olması anlamlı olduğunu göstermektedir. Gürültü nedeniyle F-değerinin 40,04 oluşma ihtimali %0,01'dir (Çizelge 4.9).

Rheum ribes toplam kuruma hızlarına bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.12'de, kontur grafikleri Şekil 4.13.'te görülmektedir. Kuruma sıcaklığı arttıkça kuruma hızı artmıştır (Şekil 4.12). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin toplam kuruma hızı üzerine etkisini ortaya koyan quadratik model (14) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

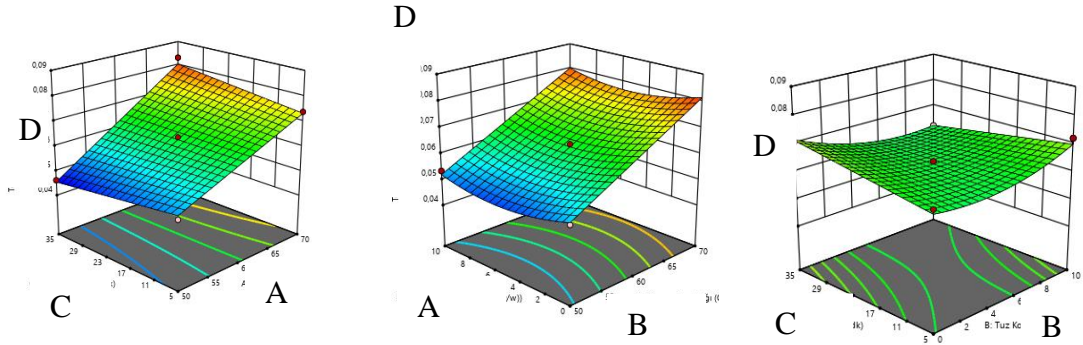
$$Y = 0,063 + 0,014X_1 - 0,001X_2 + 0,00011X_3 + 0,003X_1X_3 - 0,004X_2X_3 + 0,004X_2^2 \quad (13)$$

Kuruma hızının modellenmesinde $p < 0,05$ önem seviyesi önemli olan terimler X_1 , X_1X_3 , X_2X_3 ve X_2^2 olarak belirlenmiştir. X_2 ve X_3 terimleri hiyerarşiyi sağlamak için modele eklenmiştir. Kuruma sıcaklığı ve muamele süresi ile sıcaklığın ortak etkisi kurutma hızı ile doğru orantılıdır. Tuz konsantrasyonunun quadratik etkisi model üzerinde olumlu etkilidir. Tuz konsantrasyonu ile muamele süresinin ortak etkisi ise model üzerinde negatif etkiye sahiptir.



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.12. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Kuruma Hızı Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.13. Toplam Kuruma Hızı İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Toplam Kuruma Hızı)

Işkın örneklerinin nem oranı üzerinde kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin etkisini ortaya koyan denklem (14) ile hesaplanmıştır. Nem oranı yanıtı için quadratik model uygun bulunmuştur. Bağımsız değişkenlerin nem oranı üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.14’de, kontur grafiği Şekil 4.15’te gösterilmiştir.

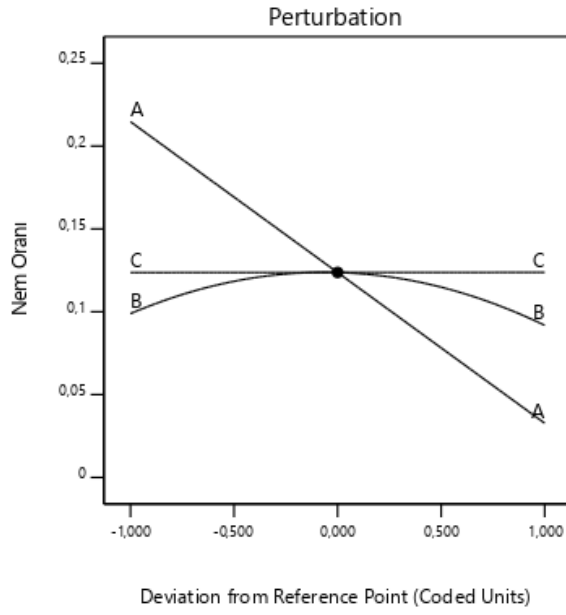
$$Y = 0,123719 - 0,0909814X_1 - 0,00351643X_2 + 0,0000523 X_3 - 0,028X_2^2 \quad (14)$$

Çizelge 4.9. Toplam Kuruma Hızı Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	0,0014	6	0,0002	40,04	< 0.0001
X ₁	0,0013	1	0,0013	217,38	< 0.0001
X ₂	3,068E-06	1	3,068E-06	0,5088	0,4987
X ₃	9,455E-08	1	9,455E-08	0,0157	0,9039
X ₁ X ₂	9,322E-06	1	9,322E-06	1,56	0,2798
X ₁ X ₃	0,0000	1	0,0000	7,49	0,0290
X ₂ X ₃	0,0001	1	0,0001	10,31	0,0148
X ₁ ²	4,951E-07	1	4,951E-07	0,0829	0,7878
X ₂ ²	0,0001	1	0,0001	8,68	0,0215
X ₃ ²	3,666E-06	1	3,666E-06	0,6136	0,4772
Kalıntı	0,0000	7	6,029E-06		
Lack of Fit	0,0000	5	7,209E-06	2,34	0,3258
Saf Hata	6,158E-06	2	3,079E-06		
Toplam	0,0015	13			

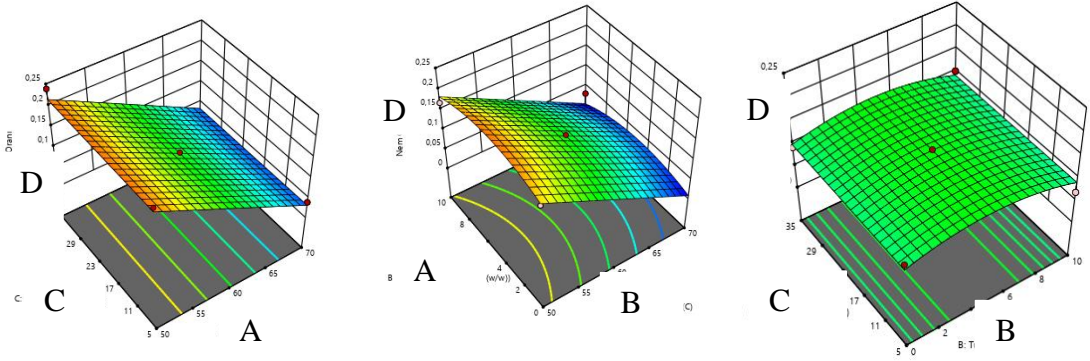
Nem oranı için elde edilen modelin p-değerinin 0,0001'den büyük olması anlamlı olduğunu göstermektedir. Gürültü nedeniyle F-değerinin 40,96 oluşma ihtimali %0,01'dir. Uyumsuzluk önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Nem oranının modellenmesinde $p < 0,05$ önem seviyesi önemli olan terimler X_1 ve X_2^2 olarak tespit edilmiştir. X_2 ve X_3 terimleri hiyerarşiyi sağlamak için modele eklenmiştir (Eşitlik-14). Kuruma sıcaklığının lineer ve tuz konsantrasyonunun quadratik etkisi nem oranı üzerinde negatif etkiye sahiptir. Sıcaklık artışında nem oranı düşmüştür (Şekil 4.14.).



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=% 5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.14. Bağımsız Değişkenlerin Nem Oranı Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.15. Nem Oranı İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Nem Oranı)

Çizelge 4.10. Nem Oranı Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	0,0585	4	0,0146	40,96	< 0.0001
X ₁	0,0552	1	0,0552	154,66	< 0.0001
X ₂	0,0001	1	0,0001	0,2310	0,6422
X ₃	2,193E-08	1	2,193E-08	0,0001	0,9939
X ₁ X ₂	0,0060	1	0,0060	2,20	0,1978
X ₁ X ₃	0,0005	1	0,0005	0,1740	0,6939
X ₂ X ₃	0,0006	1	0,0006	0,2340	0,6490
X ₁ ²	0,0037	1	0,0037	1,38	0,2929
X ₂ ²	0,0027	1	0,0027	7,70	0,0216
X ₃ ²	0,0015	1	0,0015	0,5674	0,4852
Kalıntı	0,0032	9	0,0004		
Lack of Fit	0,0031	7	0,0004	5,96	0,1511
Saf Hata	0,0001	2	0,0001		
Toplam	0,0617	13			

4.9.2. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Parametreler Üzerine Etkisi

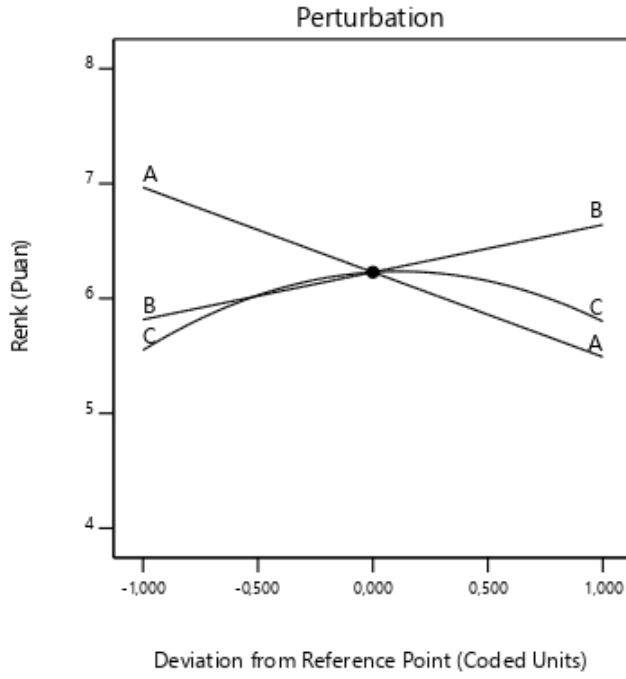
Duyusal analiz sonucunda panelistlerden alınan puanlamaların ortalamaları Desing Expert programı kullanılarak analiz edilmiştir. Renk, koku, tat, görünüm ve genel beğeni puanlamaları üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisi gözlemek adına modeller elde edilmiştir. Oluşturulan modeller görünüm ve renk kriteri haricinde varyasyonu açıklayabilmektedir ($R^2 > 0,94$) ve uyumsuzluk (Lack of Fit) değeri önemsiz bulunmuştur. Duyusal parametreler için model katsayıları ve modelin uygunluğunu araştırılmasında kullanılan istatistikler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Duyusal Parametreler İçin Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri

	Renk	Koku	Tat	Görünüm	Genel Beğeni
X ₀	6,22857	6,16094	5,66667	5,08824	5,615
X ₁	-0,7375	-0,06973	-0,475	-0,4125	-0,13688
X ₂	0,4125	0,00625	-0,05	0,2125	-0,0125
X ₃	0,125	0,124023	0,2	0,1500	0,325625
X ₁ X ₂	-0,2000	-0,1375	-0,0500	0,0250	0,125
X ₁ X ₃	0,2750	0,398047	-0,0250	0,2000	0,40125
X ₂ X ₃	0,0750	0,0500	0,275	0,629412	0,1000
X ₁ ²	-0,3167	0,278906	-0,39583	-0,70074	-0,0104
X ₂ ²	-0,2167	-0,41914	-0,44583	-0,2542	-0,4025
X ₃ ²	-0,55357	0,0219	-0,19583	-0,0292	-0,0354
R ²	0,8031	0,9600	0,9800	0,4821	0,9432
Adj. R ²	0,7243	0,9132	0,9567	0,3958	0,8946
Pre. R ²	0,5702	0,7340	0,7802	0,2584	0,8486
Adeq Precision	10,7425	17,0870	17,6158	4,4805	12,9090
PRESS	3,74	0,3282	0,6790	3,44	0,2595
%C.V.	6,97	1,51	1,96	9,70	2,21

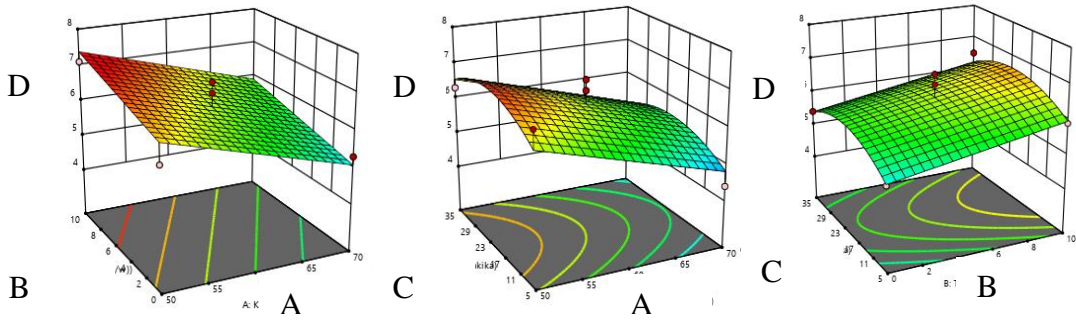
Rheum ribes örneklerinin duyusal analizinde renk kriterinin puanlaması panelistler tarafından ortalama 4,0-8,3 puan aralığında elde edilmiştir (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Renk) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (15) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin duyusal analiz (Renk) üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.16'da, kontur grafiği Şekil 4.17'de gösterilmiştir. X₁, X₂ ve X₃² değerleri model için 0,05 seviyesinde önemlidir. X₃ modele hiyerarşiyi korumak için eklenmiştir. Duyusal analiz kapsamında incelenen renk kriterinin yanıtına ait eşitlik 15'te verilen model istatistiksel anlamda önemlidir. F-değerinin gürültü sebebiyle 10,20 olarak bulunması ihtimali %0,15'tir (Çizelge 4.15.). Kurutma sıcaklığının renk kriteri üzerinde negatif etkisi ortaya konulmuştur. Tuz konsantrasyonu ise pozitif etkiye sahiptir. Muamele süresinin kuadratik etkisi duyusal analizde renk kriterinde negatif etkilidir (Eşitlik-15).

$$Y = 6,22857 - 0,7375X_1 + 0,4125X_2 + 0,125X_3 - 0,55357X_3^2 \quad (15)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.16. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Renk) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



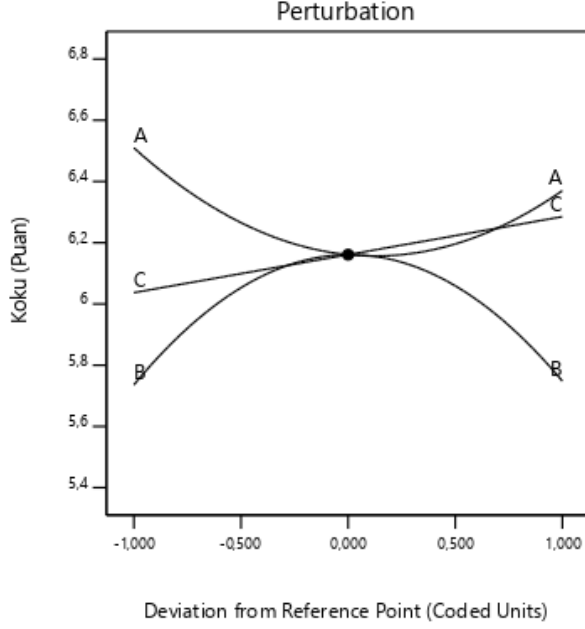
Şekil 4.17. Duyusal Analiz İçin (Renk) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Duyusal Analiz-Renk)

Çizelge 4.12. Duyusal Analiz Kapsamında Renk Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	6,98	4	1,75	10,20	0,0015
X ₁	4,35	1	4,35	25,42	0,0005
X ₂	1,36	1	1,36	7,95	0,0182
X ₃	0,1250	1	0,1250	0,7302	0,4128
X ₁ X ₂	0,1600	1	0,1600	1,11	0,3398
X ₁ X ₃	0,3025	1	0,3025	2,10	0,2067
X ₂ X ₃	0,0225	1	0,0225	0,1564	0,7088
X ₁ ²	0,3703	1	0,3703	2,57	0,1695
X ₂ ²	0,1733	1	0,1733	1,21	0,3223
X ₃ ²	1,14	1	1,14	6,68	0,0272
Kalıntı	1,71	10	0,1712		
Lack of Fit	1,39	8	0,1731	1,06	0,5713
Saf Hata	0,3267	2	0,1633		
Toplam	8,69	14			

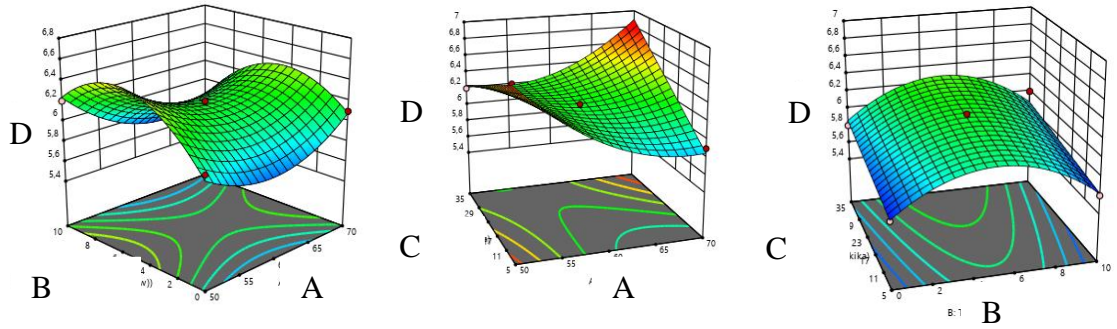
Rheum ribes örneklerinin duyusal analiz (Koku) kriterinin puanlaması panelistlerce ortalama 5,6-7,2 aralığında puanlanmıştır (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Koku) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (16) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin duyusal analiz (Koku) üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.18'da, kontur grafiği Şekil 4.19.'de görülmektedir. X₃, X₁X₂, X₁X₃, X₁² ve X₂² model için 0,05 düzeyinde önemlidir. X₁ ve X₂ ise hiyerarşiyi korumak için model formülüne eklenmiştir. Muamele süresi ve sıcaklık-muamele süresi intraksiyonu model için pozitif etkiye sahiptir. Tuz konsantrasyonunun ve sıcaklığın ortak etkisi ve tuz konsantrasyonunun quadratik etkisi koku parametresi ile ters orantılıdır. Sıcaklığın quadratik etkisi arttıkça koku puanlamasında artış gözlemlenmiştir. Model istatistiksel anlamda önemlidir. F değerinin gürültü sebebiyle 20,54 olarak bulunması ihtimali % 0,09'dur (Çizelge 4.13.). X₁² ve X₁ karşılaştırılmasında yüksek p-değerine sahip quadratik form pertürbasyon grafiğinde parabolik eğri oluşmasına sebep olmuştur.

$$Y = 6,16094 - 0,0697266X_1 + 0,00625X_2 + 0,124023X_3 - 0,1375X_1X_2 + 0,398047X_1X_3 + 0,278906X_1^2 - 0,419141X_2^2 \quad (16)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.18. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Koku) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



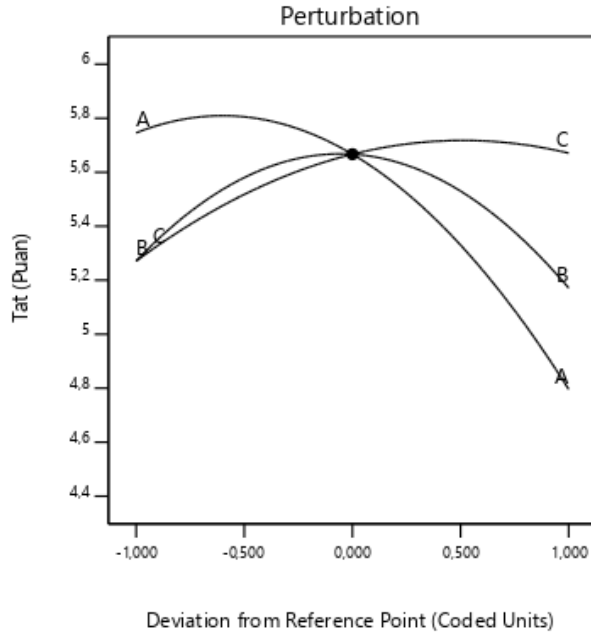
Şekil 4.19. Duyusal Analiz İçin (Koku) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D:Duyusal Analiz (koku))

Çizelge 4.13. Duyusal Analiz Kapsamında Koku Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	1,18	7	0,1692	20,54	0,0009
X ₁	0,0277	1	0,0277	3,36	0,1165
X ₂	0,0003	1	0,0003	0,0380	0,8520
X ₃	0,0875	1	0,0875	10,63	0,0172
X ₁ X ₂	0,0756	1	0,0756	9,18	0,0231
X ₁ X ₃	0,3497	1	0,3497	42,47	0,0006
X ₂ X ₃	0,0100	1	0,0100	1,05	0,3627
X ₁ ²	0,2489	1	0,2489	30,23	0,0015
X ₂ ²	0,5354	1	0,5354	65,02	0,0002
X ₃ ²	0,0014	1	0,0014	0,1512	0,7172
Kalıntı	0,0494	6	0,0082		
Lack of Fit	0,0344	4	0,0086	1,15	0,5151
Saf Hata	0,0150	2	0,0075		
Toplam	1,23	13			

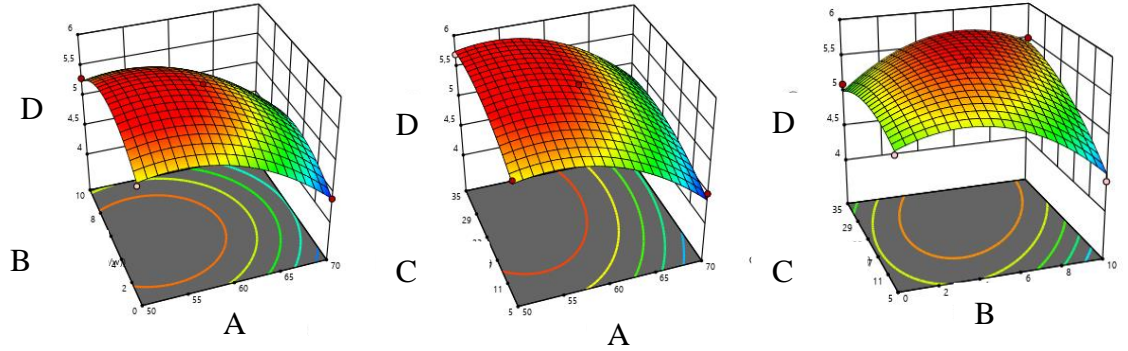
Panalistler tarafından *Rheum ribes* örneklerinin duyusal analizde tat kriteri ortalama 4,4-7,2 aralığında puanlandırılmıştır (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Tat) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (17) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin duyusal analiz (Tat) üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.20'de, kontur grafiği Şekil 4.21'de verilmiştir. X₁, X₃, X₂X₃, X₁², X₂² ve X₃² katsayıların p-değeri 0,05'ten küçüktür (Çizelge 4.14). Bu katsayılar model için önemlidir. X₂ katsayısı hiyerarşiyi korumak adına eklenmiştir. Kurutma sıcaklığının lineer ve quadratik etkisi tat kriteri üzerinde negatiftir. Tuz konsantrasyonunun lineer etkisi önemsizken quadratik etkisi model üzerinde negatif etkilidir. Muamele süresinin lineer etkisi pozitif iken, quadratik etkisi negatiftir. Tuz konsantrasyonu ve muamele süresi tat kriterinin değerlendirilmesinde olumlu sonuçlar vermiştir.

$$Y=5,66667 - 0,475X_1 - 0,05X_2 + 0,2X_3 + 0,275X_2X_3 - 0,395833X_1^2 - 0,445833X_2^2 - 0,195833X_3^2 \quad (17)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz
 konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.20. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Tat) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



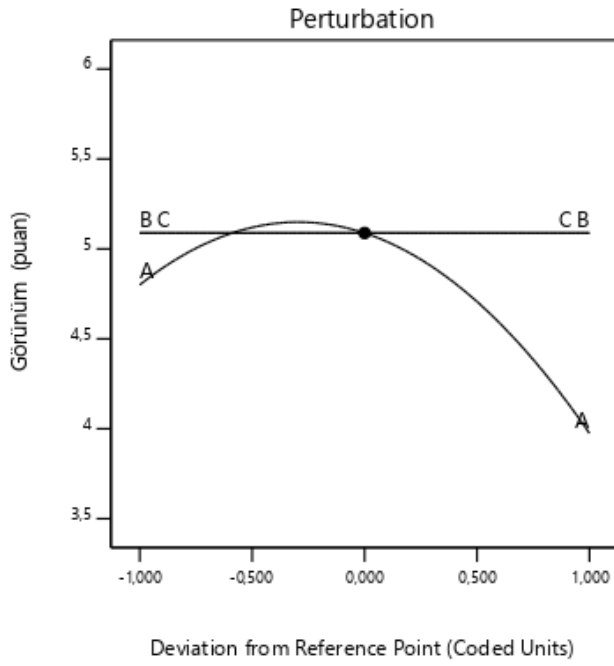
Şekil 4.21. Duyusal Analiz İçin (Tat) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi ,D: Duyusal Analiz (Tat))

Çizelge 4.14. Duyusal Analiz Kapsamında Tat Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	3,03	7	0,4324	42,07	0,0001
X ₁	1,44	1	1,44	140,50	< 0.0001
X ₂	0,0160	1	0,0160	1,56	0,2586
X ₃	0,3200	1	0,3200	31,14	0,0014
X ₁ X ₂	0,0050	1	0,0050	0,3692	0,5762
X ₁ X ₃	0,0025	1	0,0025	0,1846	0,6896
X ₂ X ₃	0,3025	1	0,3025	22,34	0,0091
X ₁ ²	0,5187	1	0,5187	50,47	0,0004
X ₂ ²	0,6580	1	0,6580	64,02	0,0002
X ₃ ²	0,1270	1	0,1270	12,35	0,0126
Kalıntı	0,0617	6	0,0103		
Lack of Fit	0,0550	4	0,0138	4,12	0,2045
Saf Hata	0,0067	2	0,0033		
Toplam	3,09	13			

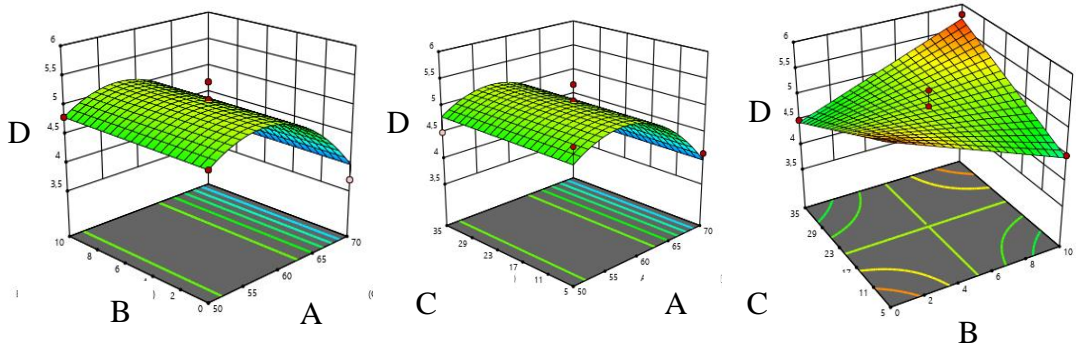
Rheum ribes örneklerinin duyusal analizinde görünüm kriterinin puanlaması panelistler tarafından ortalama olarak 3,7-7,9 aralığında değerlendirilmiştir (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Görünüm) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (18) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin duyusal analiz (Görünüm) üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.22’de, kontur grafiği Şekil 4.23’de verilmiştir. X₁, X₂X₃ ve X₁² değerleri model için önemlidir. Modelin regresyon katsayısı düşüktür. Model varyasyonu istenilen düzeyde açıklayamamaktadır. Kurutma sıcaklığının lineer ve quadratik etkisi model üzerinde negatif etkilidir. Muamele süresi ve tuz konsantrasyonunun ortak etkisi ise duyusal analizde görünüm kriteri üzerinde olumlu etki yaratmaktadır.

$$Y=5,08824 -0,4125X_1 +0,629412X_2X_3 -0,700735X_1^2 \quad (18)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.22. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Görünüm) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



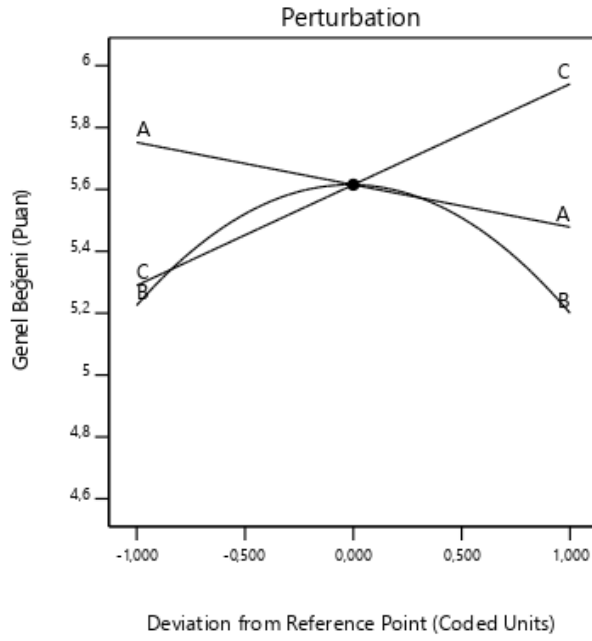
Şekil 4.23. Duyusal Analiz İçin (Görünüm) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi)

Çizelge 4.15. Duyusal Analiz Kapsamında Görünüm Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	2,24	2	1,12	5,58	0,0003
X ₁	1,36	1	1,36	6,80	0,0017
X ₂	0,3613	1	0,3613	1,49	0,2761
X ₃	0,1800	1	0,1800	0,7443	0,4277
X ₁ X ₂	0,0025	1	0,0025	0,0103	0,9230
X ₁ X ₃	0,1600	1	0,1600	0,6616	0,4530
X ₂ X ₃	0,2500	1	0,2500	1,03	0,0032
X ₁ ²	0,8743	1	0,8743	4,37	0,0009
X ₂ ²	0,2385	1	0,2385	0,9863	0,3662
X ₃ ²	0,0031	1	0,0031	0,0130	0,9137
Kalıntı	2,40	12	0,2001		
Lack of Fit	2,08	10	0,2075	1,27	0,5186
Saf Hata	0,3267	2	0,1633		
Toplam	4,64	14			

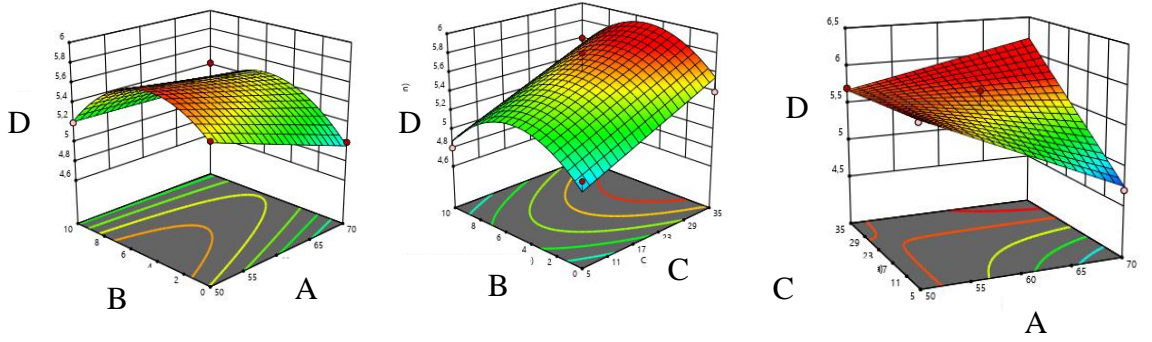
Rheum ribes örneklerinin duyusal analiz (Genel Beğeni) kriterinin puanlaması panelistler tarafından ortalama olarak 4,7-7,7 puan aralığında yapılmıştır (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Genel Beğeni) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (19) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin duyusal analiz (Genel Beğeni) üzerine etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.24'te ve kontur grafiği Şekil 4.25'de görülmektedir. X₁, X₃, X₁X₃ ve X₂² katsayılarının 0,05 seviyesinde model için önemlidir. X₂ hiyerarşiyi değiştirmemek adına modele eklenmiştir. Kuruma sıcaklığı ve muamele süresinin genel beğeni üzerindeki etkisi negatiftir. Sıcaklık-tuz konsantrasyonu ve sıcaklık-muamele süresi interaksiyonları model üzerinde etkilidir. Tuz konsantrasyonun quadratik etkisi de model üzerinde ters etkiye sahiptir.

$$Y=5,615 - 0,136875X_1 - 0,0125X_2 + 0,325625X_3 + 0,125 X_1X_2 + 0,40125X_1X_3 - 0,229167 X_2^2 \quad (19)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.24. Bağımsız Değişkenlerin Duyusal Analiz (Genel Beğeni) Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.25. Duyusal Analiz İçin (Genel Beğeni) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Duyusal Analiz (Genel Beğeni))

Çizelge 4.16. Duyusal Analiz Kapsamında Genel Beğeni Kriterinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	1,62	6	0,2695	19,39	0,0005
X ₁	0,1110	1	0,1110	7,99	0,0256
X ₂	0,0012	1	0,0012	0,0899	0,773
X ₃	0,6283	1	0,6283	45,20	0,0003
X ₁ X ₂	0,0625	1	0,0625	4,50	0,0717
X ₁ X ₃	0,3788	1	0,3788	27,25	0,0012
X ₂ X ₃	0,0400	1	0,0400	2,99	0,1589
X ₁ ²	0,0003	1	0,0003	0,0243	0,8836
X ₂ ²	0,4985	1	0,4985	35,86	0,0005
X ₃ ²	0,0038	1	0,0038	0,2811	0,6240
Kalıntı	0,0973	7	0,0139		
Lack of Fit	0,0506	5	0,0101	0,4341	0,8046
Saf Hata	0,0467	2	0,0233		
Toplam	1,71	13			

4.9.3. Bağımsız Değişkenlerin Renk Parametreleri Üzerine Etkisi

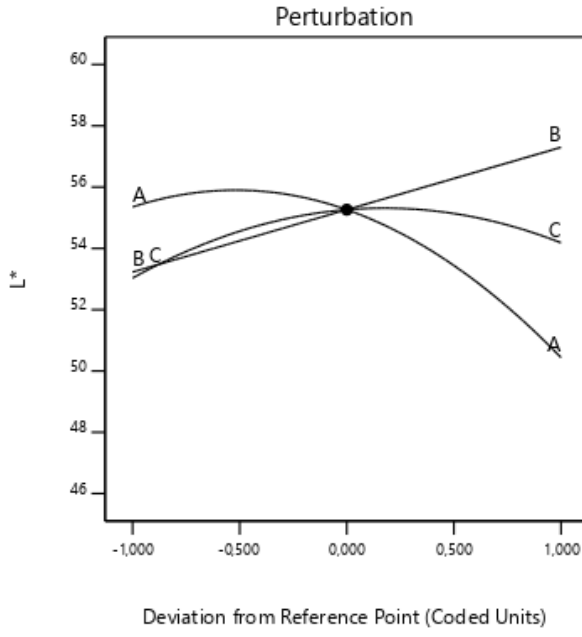
Renk analizinde 15 koşulun kurutma örneklerinin 12 noktasından ölçüm yapılmış ve sonuçların ortalamaları modellemeye dahil edilmiştir. Renk analizi verileri için modelde kullanılan katsayılar ve model uygunluğunun analiz edilmesinde kullanılan istatistik değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Renk değerlerinde en yüksek regresyon katsayısı h° , en düşük değer ise ΔE ölçümünde elde edilmiştir. Renk analizi verilerinde regresyon katsayısı R^2 ile düzeltilmiş regresyon katsayısı R_{adj}^2 ile farkın az olduğu modeller seçilmiştir. Tahminlenen regresyon katsayısı ile düzeltilmiş regresyon katsayısı arasındaki farkın 0,2’den az olması durumunda yanıtın modeli olarak tercih edilmiştir. Renk analizi verilerinin elde edilen modelleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Modellerin uyumsuzluğu ise (Lack of Fit) önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Renk Analizi Verileri İçin Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri

	L*	a*	b*	ΔE	Chroma	Hue
X ₀	55,263	1,17314	13,0176	12,1891	13,1058	95,0664
X ₁	-2,45635	-0,79687	-0,24344	-2,26665	-0,2868	-3,69815
X ₂	2,03423	0,616562	0,834587	1,26736	0,885283	2,66242
X ₃	0,577126	0,217395	-0,05865	1,24627	-0,06759	0,997915
X ₁ X ₂	-1,71125	-0,34083	-0,0779	-1,51	-0,6765	-1,0844
X ₁ X ₃	1,46438	0,1429	0,2333	0,0061	-0,5279	0,5012
X ₂ X ₃	-0,3757	0,2735	0,0629	0,4844	0,4390	1,07283
X ₁ ²	-2,36853	-0,37967	-1,76481	-1,28	-1,78564	-1,54222
X ₂ ²	-0,3562	-0,37404	-0,6207	-1,31	-0,9327	-1,87452
X ₃ ²	-1,65633	0,3000	-0,5628	-1,61	-0,6515	9,81
R ²	0,9422	0,8906	0,8113	0,5913	0,8138	0,9713
Adj. R ²	0,8612	0,8086	0,7169	0,4687	0,7208	0,9427
Pre. R ²	0,7724	0,6196	0,5405	0,3118	0,5413	0,7797
Adeq Precision	12,7795	10,5898	9,1658	6,8990	9,3787	18,1788
PRESS	29,89	4,25	7,89	61,86	8,31	7428,28
%C.V.	2,33	50,67	5,34	16,05	5,42	37,00

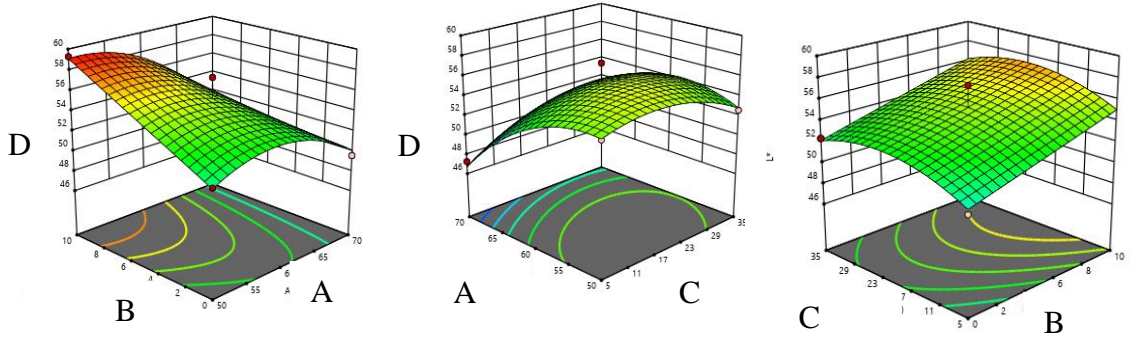
Rheum ribes örneklerinin L* değeri 59,29±3,84 ile 47,28±3,38 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.5.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin L* üzerine etkisini ortaya koyan denklem (20) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin L* üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.26'de, kontur grafiği Şekil 4.27'de görülmektedir. X₁, X₂, X₁X₂ ve X₁² terimlerin p-değeri 0,05 önem seviyesinde önemlidir (Çizelge 4.18). Modelin diğer katsayıları hiyerarşiyi korumak ve regresyon katsayısını iyileştirmek adına modele eklenmiştir. Kuruma sıcaklığının lineer ve quadratik etkisi L* değeri ile ters orantılıdır. Sıcaklık L* değerinin azalmasına neden olmuştur. Tuz konsantrasyonu L* değeri üzerinde pozitif etki yaratırken tuz konsantrasyonunun sıcaklıkla ortak etkisi negatiftir.

$$Y=55,263 - 2,45635X_1 + 2,03423X_2 + 0,577126X_3 - 1,71125X_1X_2 + 1,46438X_1X_3 - 2,36853X_1^2 - 1,65633X_3^2 \quad (20)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=% 5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.26. Bağımsız Değişkenlerin L* Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



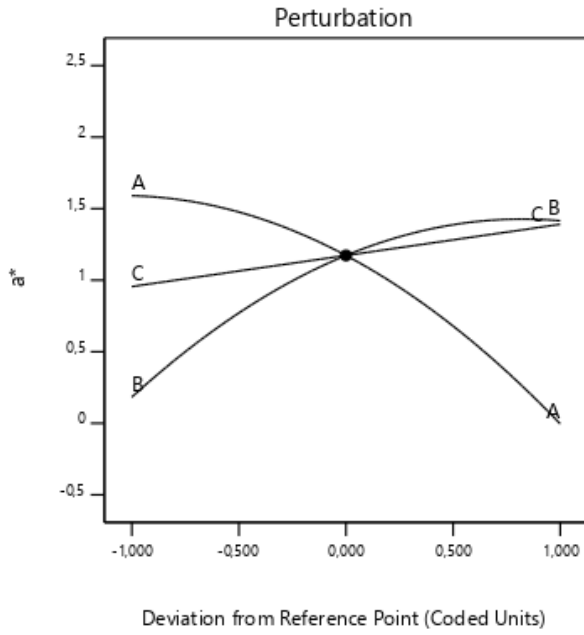
Şekil 4.27. L* Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: L* Değeri)

Çizelge 4.18. L* Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	123,73	7	17,68	11,64	0,0079
X ₁	48,27	1	48,27	31,78	0,0024
X ₂	26,97	1	26,97	17,76	0,0084
X ₃	2,17	1	2,17	1,43	0,2855
X ₁ X ₂	11,71	1	11,71	7,71	0,0390
X ₁ X ₃	8,58	1	8,58	5,65	0,0635
X ₂ X ₃	0,2823	1	0,2823	0,1260	0,7461
X ₁ ²	16,46	1	16,46	10,83	0,0217
X ₂ ²	0,3383	1	0,3383	0,1510	0,7236
X ₃ ²	8,62	1	8,62	5,68	0,0630
Kalıntı	7,60	5	1,52		
Lack of Fit	1,65	4	0,4118	0,0692	0,9809
Saf Hata	5,95	1	5,95		
Toplam	131,33	12			

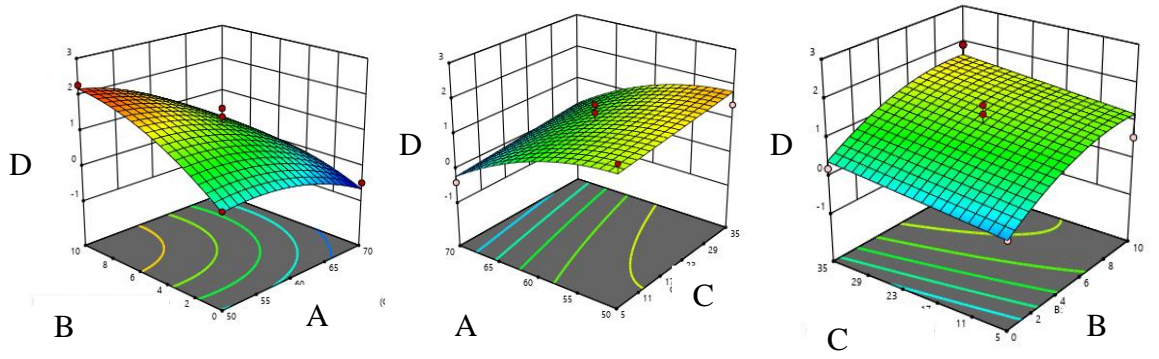
Rheum ribes örneklerinin a* değerleri 0,27±0,222 ile 2,7±0,87 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.5.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin a* üzerine etkisini ortaya koyan denklem (21) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin a* değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.28'te ve kontur grafiği Şekil 4.29.'te görülmektedir. X₁ ve X₂ katsayıları model için istatistiki anlamda önemlidir (p<0,05) (Çizelge 4.19). Modeldeki diğer katsayılar varyasyonun tahminlenmesini arttırmak için modele eklenmiştir. Sıcaklık arttıkça a* değeri azalmaktadır. Sıcaklığın lineer ve quadratik etkisi a* değerinin negatif olarak etkilemektedir. Tuz konsantrasyonunun artışı ise a* değeri üzerinde olumlu etkiye sebebiyet vermiştir.

$$Y = 1,17314 - 0,796874X_1 + 0,616562X_2 + 0,217395X_3 - 0,340832X_1X_2 - 0,379665X_1^2 - 0,374039X_2^2 \quad (21)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz
 konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.28. Bağımsız Değişkenlerin a^* Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



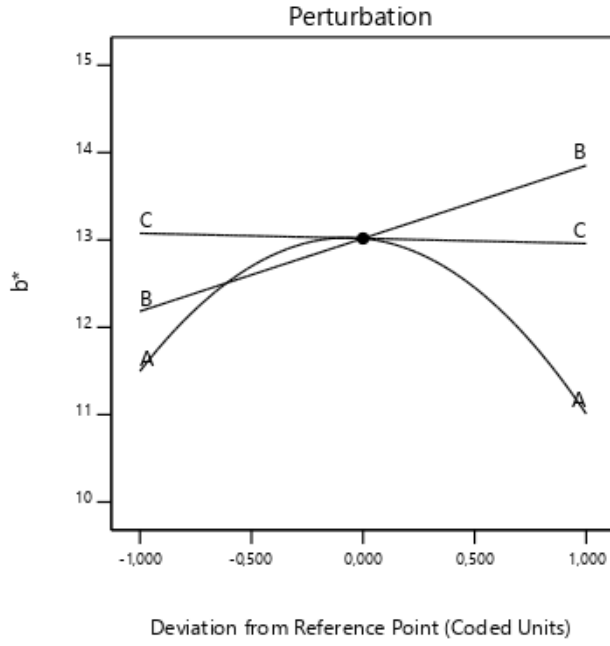
Şekil 4.29 a^* Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi)

Çizelge 4.19. a* Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	9,95	6	1,66	10,86	0,0018
X ₁	5,08	1	5,08	33,27	0,0004
X ₂	3,04	1	3,04	19,92	0,0021
X ₃	0,3781	1	0,3781	2,48	0,1542
X ₁ X ₂	0,4647	1	0,4647	3,04	0,1192
X ₁ X ₃	0,0817	1	0,0817	0,8038	0,4110
X ₂ X ₃	0,2993	1	0,2993	2,94	0,1468
X ₁ ²	0,5354	1	0,5354	3,51	0,0980
X ₂ ²	0,5196	1	0,5196	3,40	0,1023
X ₃ ²	0,3324	1	0,3324	3,27	0,1303
Kalıntı	1,22	8	0,1527		
Lack of Fit	1,03	6	0,1712	1,76	0,4054
Saf Hata	0,1944	2	0,0972		
Toplam	11,17	14			

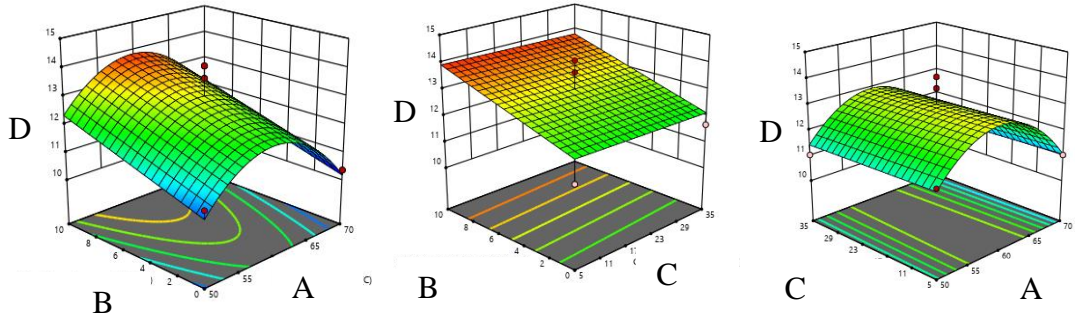
Rheum ribes örneklerinin b* değeri 10,36±1,51 ile 14,43±1,15 arasında yer almıştır (Çizelge 4.5.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin b* değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (14) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin b* değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.26'da, kontur grafiği Şekil 4.27'de görülmektedir. X₂ ve X₁² değerleri model açısından istatistiki anlamda p<0,05 seviyesinde önemlidir (Çizelge 4.20). X₁ ve X₃ modele hiyerarşiyi korumak için eklenmiştir. Tuz konsantrasyonun b* değeri üzerinde pozitif etkisi vardır. Sıcaklık quadratik etkisi artarken b* değerinde azalış söz konusu olmuştur.

$$Y = 13,0176 - 0,243438X_1 + 0,834587X_2 - 0,058649X_3 - 1,76481X_1^2 \quad (22)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz
 konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.30. Bağımsız Değişkenlerin b^* Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.31. b^* Değeri Üzerine Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: b^* değeri)

Çizelge 4.20. b* Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

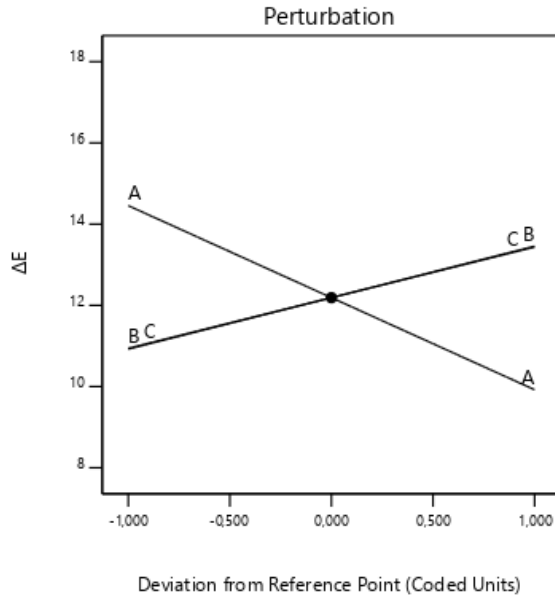
	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	13,94	4	3,48	8,60	0,0054
X ₁	0,3923	1	0,3923	0,9679	0,3540
X ₂	3,69	1	3,69	9,11	0,0166
X ₃	0,0227	1	0,0227	0,0559	0,8190
X ₁ X ₂	0,0104	1	0,0104	0,0279	0,8780
X ₁ X ₃	0,2178	1	0,2178	0,5835	0,5005
X ₂ X ₃	0,0068	1	0,0068	0,0182	0,9013
X ₁ ²	9,83	1	9,83	24,26	0,0012
X ₂ ²	0,7397	1	0,7397	1,98	0,2539
X ₃ ²	0,8943	1	0,8943	2,40	0,2194
Kalıntı	3,24	8	0,4053		
Lack of Fit	2,63	6	0,4383	1,43	0,4663
Saf Hata	0,6122	2	0,3061		
Toplam	17,18	12			

Rheum ribes örneklerinin ΔE değeri $8,19 \pm 2,37$ ile $17,12 \pm 3,74$ arasında yer almıştır (Çizelge 4.6.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin ΔE değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (23) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin ΔE değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.32’de, kontur grafiği Şekil 4.33’de görülmektedir.

ΔE değerine ait elde edilen model varyasyonu istenilen düzeyde açıklayamamaktadır.

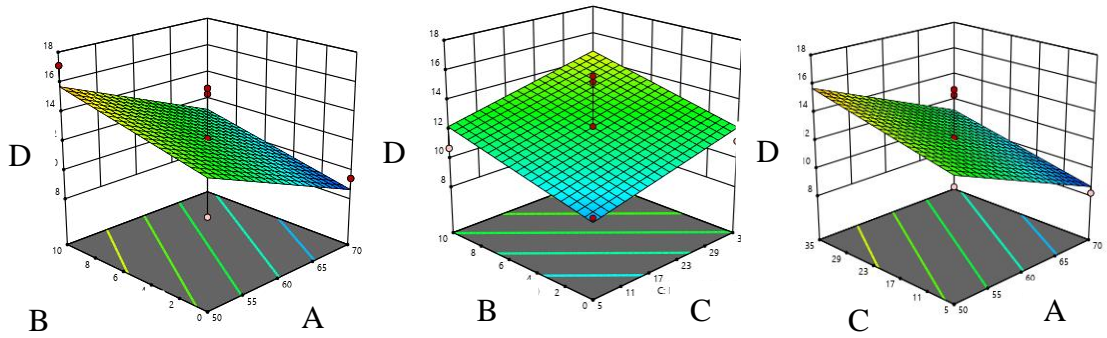
Modeli istatistiki açıdan sıcaklık negatif ilişkide etkilemektedir.

$$Y = 12,1891 - 2,26665X_1 + 1,26736X_2 + 1,24627X_3 \quad (23)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz
 konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.32. Bağımsız Değişkenlerin ΔE Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



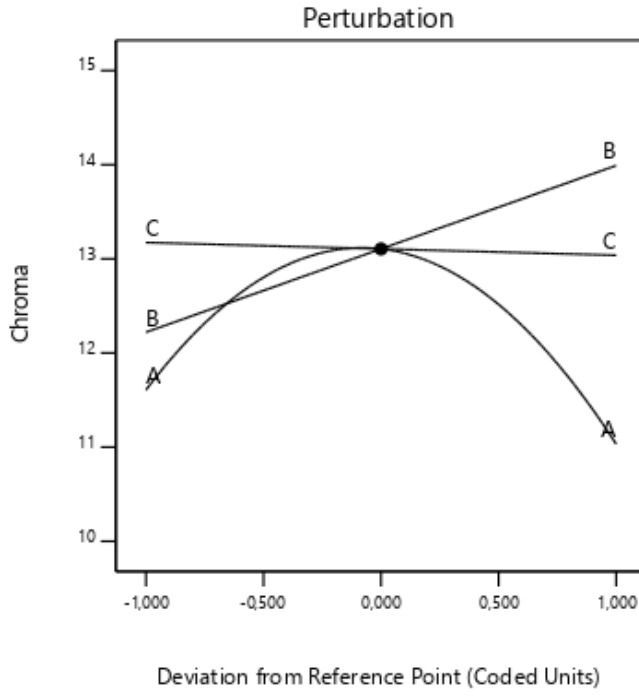
Şekil 4.33. ΔE Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: ΔE Değeri)

Çizelge 4.21. ΔE Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

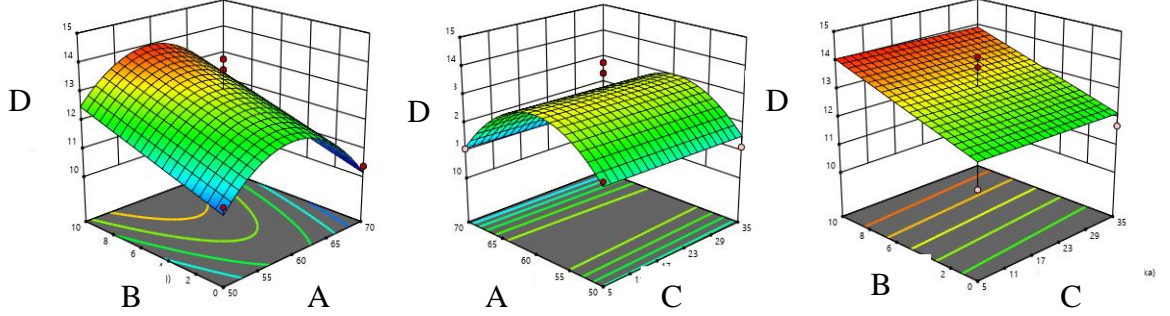
	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	53,15	3	17,72	4,82	0,0250
X ₁	34,75	1	34,75	9,46	0,0117
X ₂	12,85	1	12,85	3,50	0,0910
X ₃	10,50	1	10,50	2,86	0,1217
X ₁ X ₂	9,07	1	9,07	4,40	0,1039
X ₁ X ₃	0,0001	1	0,0001	0,0000	0,9955
X ₂ X ₃	0,9387	1	0,9387	0,4557	0,5366
X ₁ ²	4,93	1	4,93	2,39	0,1967
X ₂ ²	5,14	1	5,14	2,50	0,1892
X ₃ ²	7,80	1	7,80	3,79	0,1235
Kalıntı	36,74	10	3,67		
Lack of Fit	29,82	8	3,73	1,08	0,5661
Saf Hata	6,92	2	3,46		
Toplam	89,89	13			

Rheum ribes örneklerinin chroma değerleri $10,38 \pm 1,51$ ile $14,64 \pm 1,15$ aralığında elde edilmiştir (Çizelge 4.6.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin chroma değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (24) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin chroma değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.34’de, kontur grafiği Şekil 4.35’de görülmektedir. X₂ ve X₁² değerleri model için 0,05 seviyesinde önemlidir. Diğer katsayılar hiyerarşiye korumak için eklenmiştir (Çizelge 4.22). Tuz konsantrasyonu chroma değeri ile pozitif ilişkidir. Sıcaklığın quadratik etkisi ise chroma değerinde azalışa sebebiyet vermektedir.

$$Y = 13,6544 - 0,286803 X_1 + 0,885283 X_2 - 0,0675885 X_3 - 1,78564 X_1^2 \quad (24)$$



Şekil 4.34. Bağımsız Değişkenlerin Chroma Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



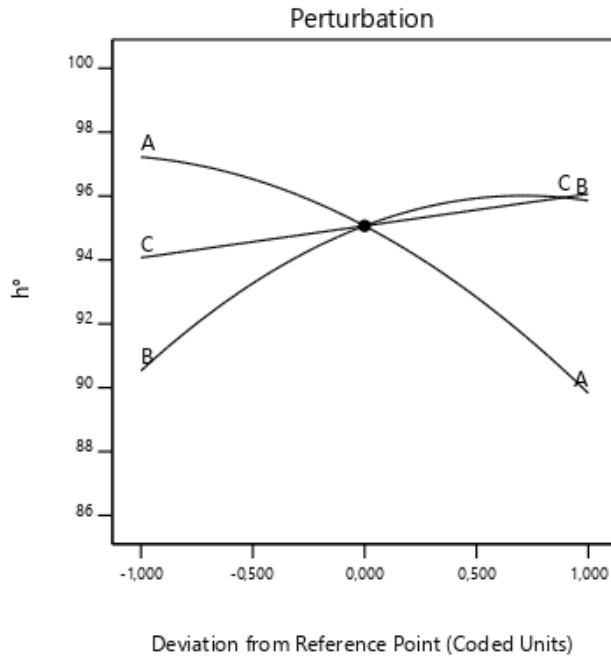
Şekil 4.35. Chroma Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Chroma Değeri)

Çizelge 4.22. Chroma Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	14,74	4	3,68	8,74	0,0051
X ₁	0,5445	1	0,5445	1,29	0,2885
X ₂	4,15	1	4,15	9,86	0,0138
X ₃	0,0301	1	0,0301	0,0714	0,7961
X ₁ X ₂	1,83	1	1,83	5,22	0,0844
X ₁ X ₃	0,5574	1	0,5574	1,59	0,2759
X ₂ X ₃	0,7709	1	0,7709	2,20	0,2123
X ₁ ²	10,07	1	10,07	23,89	0,0012
X ₂ ²	2,61	1	2,61	7,44	0,0525
X ₃ ²	1,27	1	1,27	3,63	0,1294
Kalıntı	3,37	8	0,4213		
Lack of Fit	2,78	6	0,4634	1,57	0,4387
Saf Hata	0,5902	2	0,2951		
Toplam	18,11	12			

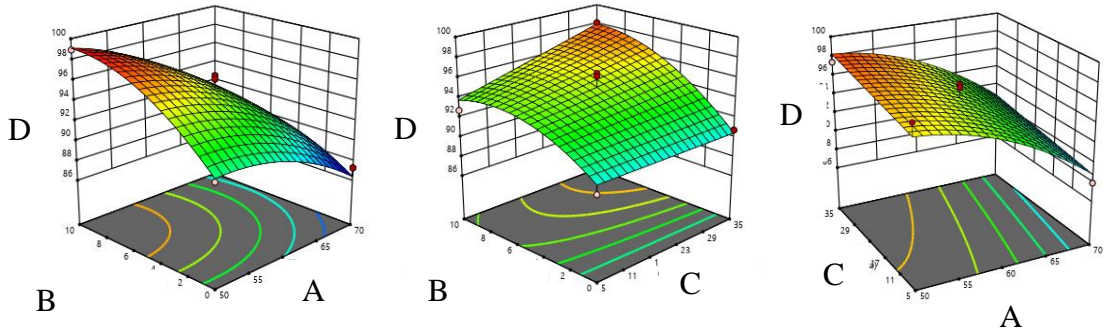
Rheum ribes örneklerinin hue değeri 87,28 ±2,59 ile 98,93±3,43 arasında değerler almıştır (Çizelge 4.6.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin hue değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (25) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin hue değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.36'de, kontur grafiği Şekil 4.37'de görülmektedir. X₁, X₂ ve X₂² değerleri istatistiki açıdan 0,05 seviyesinde önemlidir (Çizelge 4.23). Sıcaklık h° değeri ile ters orantıdadır. Tuz konsantrasyonunun lineer ve quadratik etkisi ise hue değeri üzerinde pozitif etki yaratmaktadır.

$$Y = 95,0664 - 3,69815 X_1 + 2,66242 X_2 + 0,997915 X_3 - 1,0844 X_1 X_2 + 1,07283 X_2 X_3 - 1,54222 X_1^2 - 1,87452 X_2^2 \quad (25)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.36. Bağımsız Değişkenlerin Hue Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.37. Hue Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D:Hue Değeri)

Çizelge 4.23. Hue Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	32752,78	7	4678,97	33,88	< 0.0001
X ₁	19048,35	1	19048,35	137,92	< 0.0001
X ₂	6827,00	1	6827,00	49,43	0,0002
X ₃	1175,38	1	1175,38	8,51	0,0224
X ₁ X ₂	294,77	1	294,77	2,13	0,1874
X ₁ X ₃	1,00	1	1,00	0,0054	0,9445
X ₂ X ₃	28,67	1	28,67	0,1530	0,7118
X ₁ ²	4591,73	1	4591,73	33,25	0,0007
X ₂ ²	968,31	1	968,31	7,01	0,0330
X ₃ ²	355,32	1	355,32	2,57	0,1528
Kalıntı	966,75	7	138,11		
Lack of Fit	858,07	5	171,61	3,16	0,2578
Saf Hata	108,68	2	54,34		
Toplam	33719,53	14			

4.9.4. Bağımsız Değişkenlerin Rehidrasyon Nem İçeriği Üzerine Etkisi

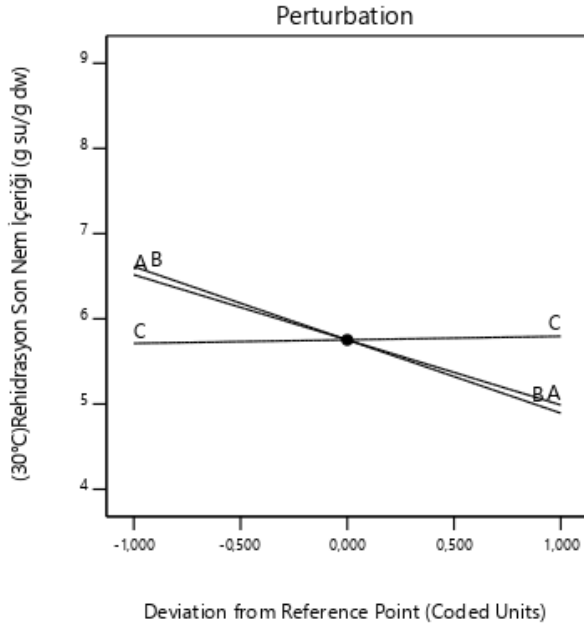
15 koşulun 3 farklı sıcaklıkta rehidre edilmiş ve nem içerikleri sonuçları yanıt olarak incelenmiştir. Elde edilen polinomial denklemlerin katsayıları ve uygunluğunun test edilmesinde kullanılan istatistik değerleri Çizelge 4.24'te verilmiştir. Tahminlenen regresyon katsayı ile düzeltilmiş regresyon katsayısı arasındaki farkın 0,2'den az olması durumunda yanıtın modeli olarak tercih edilmiştir. Renk analizi verilerinin elde edilen modelleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Modellerin uyumsuzluğu ise (Lack of Fit) önemsiz bulunmuştur. 30°C'de rehidrasyon işleminde son nem içeriği yanıtı için 2FI modeli, 45°C ve 60°C rehidrasyon işlemleri için ise quadratik model önerilmiştir.

Çizelge 4.24. Rehidrasyon Verileri İçin Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri

	30°C	45°C	60°C
X ₀	5,75317	6,43059	7,02897
X ₁	-0,76398	0,099965	-0,82153
X ₂	-0,85978	-0,63143	-0,96644
X ₃	0,041367	-0,33645	-0,41427
X ₁ X ₂	1,18463	0,599248	1,00273
X ₁ X ₃	0,3284	0,263746	0,241517
X ₂ X ₃	-0,3192	-0,1769	-0,2623
X ₁ ²	-0,2978	0,663259	0,411264
X ₂ ²	-0,3430	-0,4295	0,777145
X ₃ ²	-0,2933	-0,74582	0,0989
R ²	0,7521	0,8921	0,8872
Adj. R ²	0,6530	0,7411	0,7294
Pre. R ²	0,5437	0,6532	0,7203
Adeq Precision	9,6900	9,7057	8,0814
PRESS	9,83	3,41	6,48
%C.V.	12,70	7,23	9,46

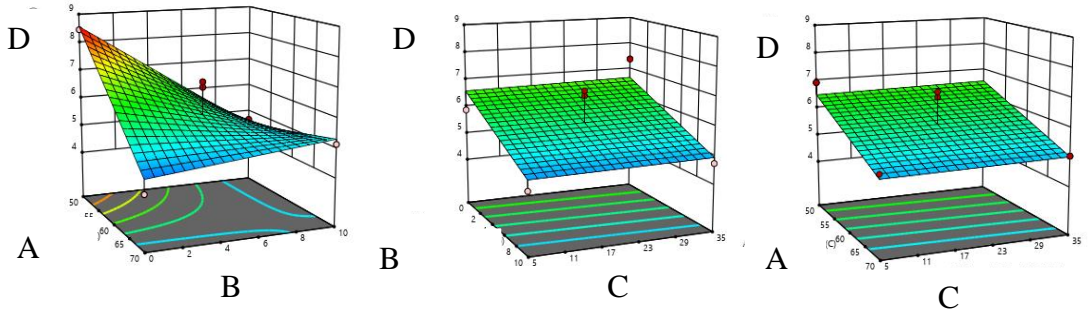
Rheum ribes örneklerinin 30°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri 4,19 ile 8,45 arasında yer almıştır (Çizelge 4.1.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin 30°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (26) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin 30°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.38’de, kontur grafiği Şekil 4.39’da görülmektedir. Kuruma sıcaklığı ve muamele süresi 30°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerinde negatif etkiye sahipken, tuz konsantrasyonu artışı olumlu etkiye sahiptir. X₁, X₂ ve X₁X₂ katsayıları model için istatistiki açıdan önemlidir. X₃ katsayısı hiyerarşiyi korumak için modele eklenmiştir (Çizelge 4.25). Sıcaklık ve tuz konsantrasyonu model üzerinde negatif etkilidir. Sıcaklık ve tuz konsantrasyonunun ortak etkisi ise 30°C sıcaklıkta gerçekleştirilen rehidrasyon işleminin son nem içeriği üzerinde pozitif etkiye sahiptir.

$$Y=5,75317-0,763976X_1 -0,859776X_2 + 0,0413673X_3 + 1,18463X_1X_2 \quad (26)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.38. Bağımsız Değişkenlerin 30 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



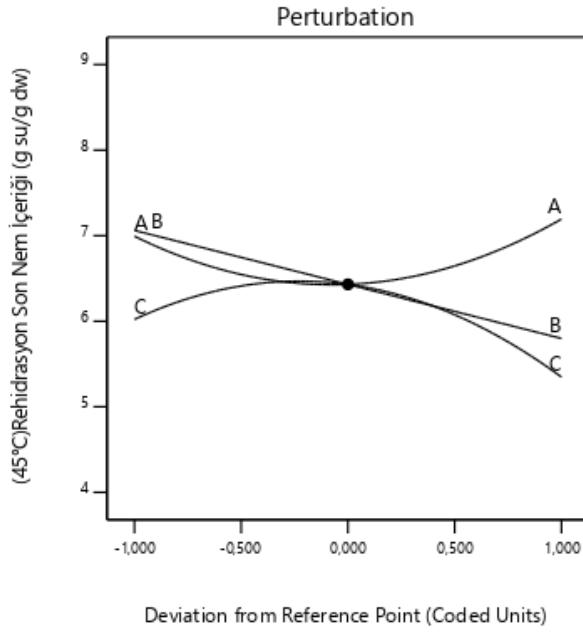
Şekil 4.39. 30 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: 30 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği)

Çizelge 4.25.30 °C’de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	16,21	4	4,05	7,59	0,0045
X ₁	4,67	1	4,67	8,74	0,0144
X ₂	5,91	1	5,91	11,07	0,0077
X ₃	0,0137	1	0,0137	0,0256	0,8760
X ₁ X ₂	5,61	1	5,61	10,51	0,0088
X ₁ X ₃	0,4314	1	0,4314	0,6049	0,4719
X ₂ X ₃	0,4075	1	0,4075	0,5714	0,4838
X ₁ ²	0,3274	1	0,3274	0,4591	0,5281
X ₂ ²	0,4344	1	0,4344	0,6091	0,4705
X ₃ ²	0,3177	1	0,3177	0,4455	0,5341
Kalıntı	5,34	10	0,5342		
Lack of Fit	3,49	8	0,4363	0,4712	0,8178
Saf Hata	1,85	2	0,9258		
Toplam	21,55	14			

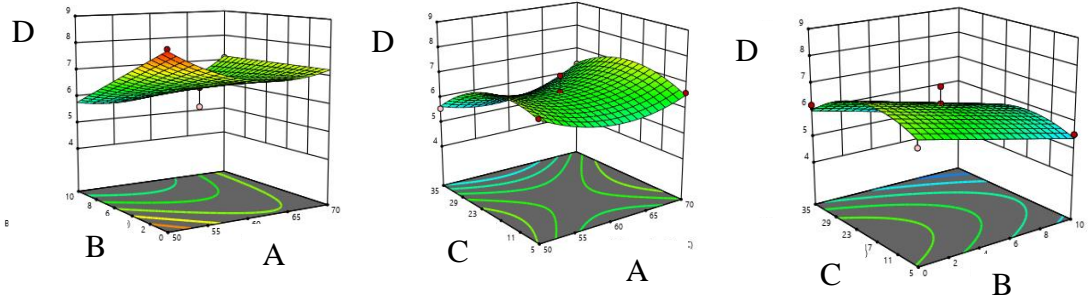
Rheum ribes örneklerinin 45°C rehidrasyon analizi son nem içeriği 4,63 ile 8,28 değerleri arasında yer almıştır (Çizelge 4.1.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin 45°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (27) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin 45°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği grafiği Şekil 4.40’da , kontur grafiği Şekil 4.41’de görülmektedir. X₂ değeri model için istatistiki anlamda önemlidir (Çizelge 4.26). Tuz konsantrasyonu 45°C sıcaklıkta gerçekleştirilen rehidrasyon işleminin son nem içeriği üzerinde negatif etkiye sahiptir.

$$Y=6,1575 +0,0999652X_1 -0,631434X_2 -0,336447X_3 + 0,599248X_1X_2 + 0,263746X_1X_3 + 0,663259X_1^2-0,745821X_3^2 \quad (27)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.40. Bağımsız Değişkenlerin 45 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



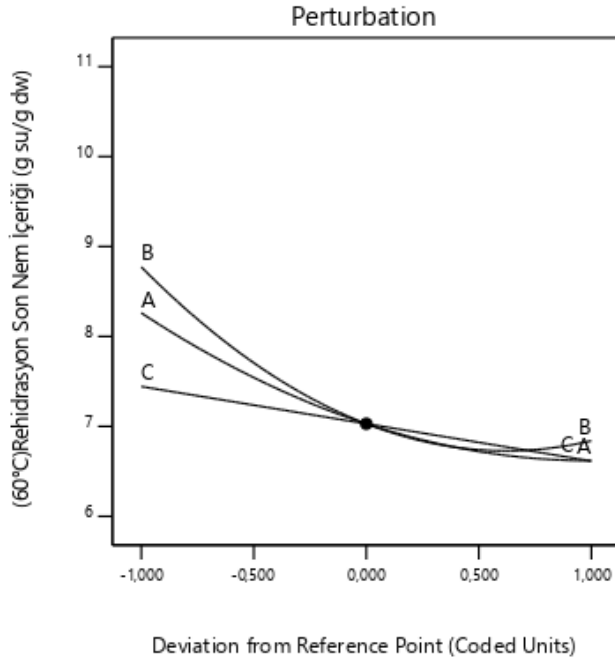
Şekil 4.41. 45 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: 45 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği)

Çizelge 4.26. 45°C de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	8,78	7	1,25	5,91	0,0340
X ₁	0,0533	1	0,0533	0,2511	0,6376
X ₂	2,13	1	2,13	10,02	0,0249
X ₃	0,9056	1	0,9056	4,27	0,0938
X ₁ X ₂	0,2693	1	0,2693	1,27	0,3111
X ₁ X ₃	0,2782	1	0,2782	1,31	0,3040
X ₂ X ₃	0,1252	1	0,1252	0,5348	0,5051
X ₁ ²	0,8798	1	0,8798	4,15	0,0974
X ₂ ²	0,9536	1	0,9536	4,07	0,1137
X ₃ ²	0,9536	1	0,9536	4,49	0,0875
Kalıntı	1,06	5	0,2122		
Lack of Fit	0,1702	3	0,0567	0,1273	0,9358
Saf Hata	0,8910	2	0,4455		
Toplam	9,84	12			

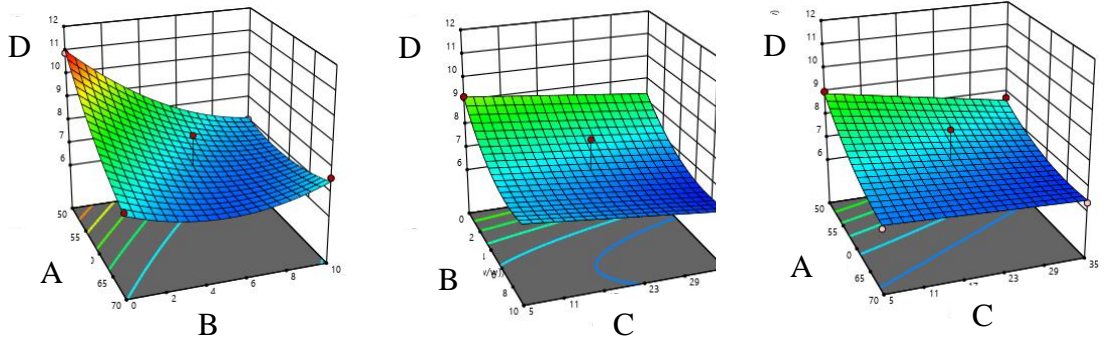
Rheum ribes örneklerinin 60 °C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri 6,21 ile 10,89 değişmiştir (Çizelge 4.1.). Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin 60 °C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (28) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin 60 °C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon Şekil 4.42’te, kontur grafiği Şekil 4.43’da görülmektedir. X₁, X₂ ve X₁X₂ değerleri model için istatistiki anlamda önemlidir (Çizelge 4.27). Sıcaklık ve tuz konsantrasyonu 60 °C sıcaklıktaki rehidrasyon analizi son nem içeriği üzerinde lineer olarak ters orantıdadır. Sıcaklığın ve tuz konsantrasyonun oratık etkileri ise pozitifdir. 30 °C ve 60 °C rehidrasyon sıcaklıkları son nem içeriği verileri üzerine bağımsız değişkenlerin etkileri aynı bulunmuştur.

$$Y=7,02897-0,821528X_1 -0,966438X_2 -0,414265X_3 + 1,00273 X_1X_2 + 0,241517X_1X_3 + 0,411264X_1^2 + 0,777145 X_2^2 \quad (28)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz
 konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.42. Bağımsız Değişkenlerin 60°C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.43. 60 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: 60 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri)

Çizelge 4.27. 60°C’de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	20,56	7	2,94	5,62	0,0377
X ₁	5,40	1	5,40	10,33	0,0236
X ₂	4,98	1	4,98	9,53	0,0272
X ₃	0,9153	1	0,9153	1,75	0,2430
X ₁ X ₂	4,02	1	4,02	7,70	0,0392
X ₁ X ₃	0,2333	1	0,2333	0,4465	0,5336
X ₂ X ₃	0,0031	1	0,0031	0,0048	0,9482
X ₁ ²	0,5155	1	0,5155	0,9865	0,3662
X ₂ ²	1,93	1	1,93	3,70	0,1125
X ₃ ²	0,0361	1	0,0361	0,0280	0,8737
Kalıntı	2,61	5	0,5225		
Lack of Fit	0,1152	3	0,0384	0,0307	0,9907
Saf Hata	2,50	2	1,25		
Toplam	23,17	12			

4.9.5. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Fenolik İçerik Üzerine Etkisi

Toplam fenolik içeriğin modellenmesinde quadratik model önerilmiş ve regresyon katsayısı 0,9763 olarak tespit edilmiş ve diğer istatistiki veriler modelin değerlendirilmesinin uygun olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Toplam Fenolik Madde İçeriği İçin Model Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri

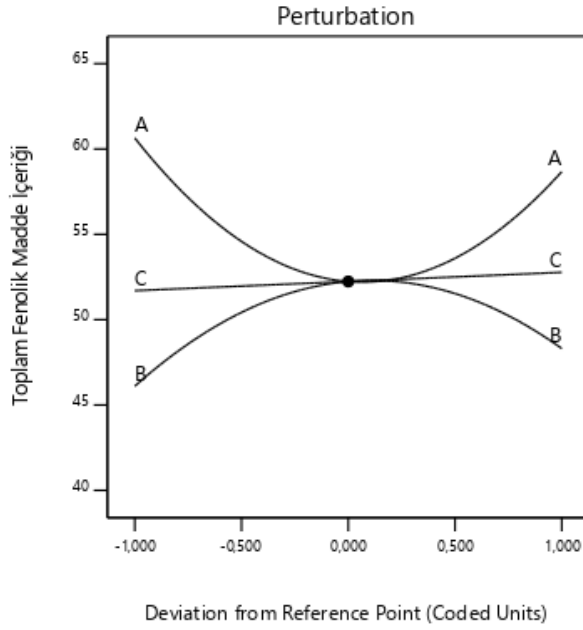
R²	0,9763	Adeq Precision	20,6256
Adj. R²	0,9486	PRESS	89,88
Pre. R²	0,8010	%C.V.	2,52

Çizelge 4.29. Toplam Fenolik Madde İçeriği Yanıtına Ait ANOVA Tablosu, Model Parametreleri ve Katsayıları

	Hata Kareler Toplamı	SD	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri	Katsayı
Model	440,93	7	62,99	35,28	0,0002	
X ₀		1				52,2368
X ₁	6,38	1	6,38	3,58	0,1075	-0,98831
X ₂	9,78	1	9,78	5,48	0,0578	1,1055
X ₃	1,88	1	1,88	1,05	0,3442	0,53659
X ₁ X ₂	38,92	1	38,92	21,80	0,0034	-3,1194
X ₁ X ₃	0,1245	1	0,1245	0,0509	0,8325	0,2495
X ₂ X ₃	108,77	1	108,77	60,92	0,0002	-5,21461
X ₁ ²	187,86	1	187,86	105,22	< 0,0001	7,42036
X ₂ ²	83,90	1	83,90	46,99	0,0005	-5,03146
X ₃ ²	0,5621	1	0,5621	0,2300	0,6566	-0,4328
Kalıntı	10,71	6	1,79			
Lack of Fit	6,48	4	1,62	0,7659	0,6340	
Saf Hata	4,23	2	2,12	4,23	2	
Toplam	451,64	13				

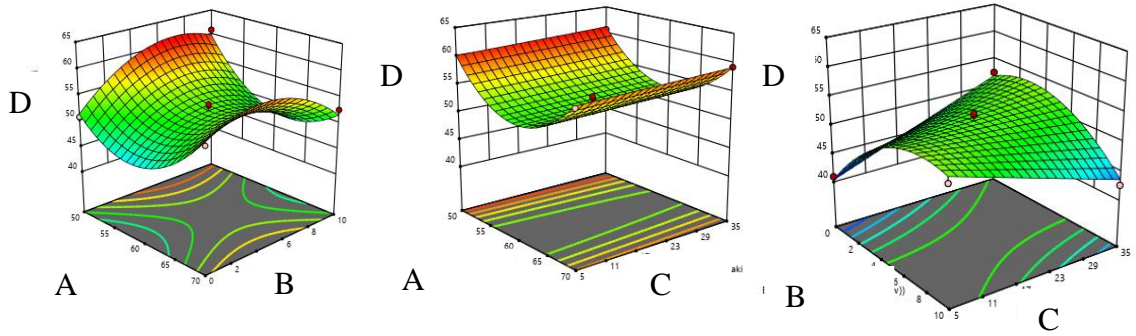
Kurutulmuş Rheum ribes örneklerinin toplam fenolik madde miktarı 40,92±2,99 ile 60,93±1,90 mg GAE /g KM arasında elde edilmiştir. Kurutma sıcaklığı (X₁), tuz konsantrasyonu (X₂) ve muamele süresi (X₃) bağımlı değişkenlerinin toplam fenolik madde içeriğine etkisini ortaya koyan denklem (29) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin toplam fenolik madde içeriği üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.44.'de, kontur grafiği Şekil 4.45'te görülmektedir. Bağımsız değişkenlerin lineer etkileri model üzerinde istatistiki anlamda önemli seviyede önemli değildir (Çizelge 4.29). Sıcaklığın ve tuz konsantrasyonunun ortak etkisi artarken toplam fenol miktarı azalmıştır. Tuz konsantrasyonu ve muamele süresinin de etkisi aynı şekilde gerçekleşmiştir. Sıcaklığın quadratik etkisi model üzerinde pozitif etkiliyken tuz konsantrasyonunun quadratik etkisi negatiftir.

$$Y = 52,2368 - 0,988308X_1 + 1,1055X_2 + 0,53659X_3 - 3,1194X_1X_2 - 5,21461X_2X_3 + 7,42036X_1^2 - 5,03146X_2^2 \quad (29)$$



A: Kuruma Sıcaklığı=60°C
 B: Tuz
 konsantrasyonu=%5(w/w)
 C: Muamele Süresi=20dk

Şekil 4.44.Bağımsız Değişkenlerin Toplam Fenolik Madde Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği



Şekil 4.45. Toplam Fenolik İçeriğine Ait Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz Konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Toplam Fenolik İçeriği)

4.10. Ön İşlemlerin Etkisinde Sıcak Hava ile Işkın Bitkisinin Kurutma Prosesinin Optimizasyonu

Hava ile kurutma işleminde ışkın bitkisinin ön işlemler etkisinde yüksek kalitede kurutulması adına bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerine etkisi gözlemlenmiştir. Kuruma süresi ürünün kalitesini etkileyen birçok parametre ile doğrudan ilişkilidir. Kurutma süresinin uzaması ürün içinde çeşitli reaksiyonların oluşmasını ve buna bağlı olarak fiziksel ve kimyasal birçok kalite parametresi istenmeyen seviyelerde değişmektedir. Dolayısıyla kısa kurutma süresi ve hızlı kurutma işlemi hem ekonomik

proses eldesi hem de fonksiyonel gıda oluşturma amacıyla optimizasyona dahil edilmiştir. Süre ve su aktivitesine bağlı olarak enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar gıdalarda proses süresince gelişebilmektedir. Bu sebeple nem oranının minimum olması hedeflenmiştir. L^* değeri (parlaklık) ve h^o değeri yanıtları ışık bitkisinin renk kriteri için varyasyonu açıklayabilen modeller oluşturmuşlardır. Bu sebeple optimizasyona dahil edilmiştir. İnsan sağlığı açısından yararı olan fenolik bileşenlerin gıda ürünlerinde kaybının en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla toplam fenol içeriğinin optimizasyonda maksimum değer olması hedeflenmiştir. Hedeflenen kalite parametrelerinin sisteme dahil edildiğinde sistemin oluşturduğu formülasyon Çizelge 4.29’da verilmiştir. Teorik olarak optimum koşul 70°C ’de, % 3,489 tuz solüsyonunda 35 dakika muamele sonucu sıcak hava ile kurutma olarak belirlenmiştir. Bu koşulun kabul edilebilirliği 0,858 olarak belirlenmiştir. Kabul edilebilirliğin yüksek olması optimizasyonun güvenilirliğini ifade etmektedir.

Çizelge 4.29. Kurutma İşleminin Optimizasyonunda Belirlenen Kriterler

Yanıt	Amaç	Alt Değer	Üst Değer	Önem	Tahminlenen Değer
L^*	Maksimum	47,275	59,29	1	50,726
h^o	Maksimum	87,2832	98,9319	1	89,852
Kuruma Süresi	Minimum	215	385	5	210,849
TFEM	Maksimum	40,94	60,93	5	60,93
Kuruma Hızı	Maksimum	0,0462597	0,0831163	5	0,082
Nem Oranı	Minimum	0,0117243	0,238852	5	0,031

Kurutma Sıcaklığı 70°C Tuz Konsantrasyonu=%3,489 Muamele Süresi=35 dk
Kabul edilebilirlik =0,858

5. SONUÇ

Yapılan bu araştırmada en kısa kuruma süresi 70 °C de önişlem olarak %5 (w/w) tuzlu su çözeltilisinde 35 dakika bekletilen 3. koşulda elde edilmiştir. İstenilen nem değerine en uzun sürede ulaşılan koşul ise 50 °C %5 (w/w) tuzlu su çözeltilisinde 35 dakika önişleme tabi tutulan 5. koşul olmuştur. Kuruma sıcaklığındaki artış kuruma süresini azaltmıştır.

Kurutma koşullarının yanıt yüzey metodu ile optimizasyonu kapsamında Box-Behnken deneme desenine göre yapılan kurutmalarda Wang ve Sing, Page ve Modifiye Page modelleri en yüksek R² değerine sahip olmuştur. Matematiksel modelleme sonuçlarında *Rheum ribes* bitkisinin kurutma davranışlarının Page ve Modifiye Page modeline uygun olduğu belirlenmiştir.

En yüksek renk değerlerine kurutulmuş örneklerde 9. Koşulda (50 °C-%10-20 dk) ulaşılmıştır.

Kurutma işleminin gerçekteştiği üç farklı sıcaklık koşulu değerlendirildiğinde, kurutma süresi sonunda en yüksek nem içeriği 12. koşulda elde edilirken, en düşük nem içeriği 30 ve 45 °C 7. koşul, 60 °C için 14. koşulda elde edilmiştir. En yüksek rehidrasyon kapasitesi ve oranı değerleri de 12. koşulda elde edilmiştir.

Kurutulan örnekler arasında en yüksek toplam fenol içeriğine 60,93±1,90 mgGAE/gKM ile 50 °C %10 tuz konsantrasyonunda 20 dakika muamele edilen 9. koşulda ulaşılmıştır. Yaş örneğinin toplam fenol içeriği ise 138,41±40,29 mgGAE/gKM olarak bulunmuştur.

Kuruma süresi kısaldıkça kuruma hızı artmaktadır. Dolayısıyla sıcaklık artarken kuruma süresi kısalımış, nem oranı düşmüş ve buna bağlı olarak kuruma hızı artmıştır. Tuz konsantrasyonunun quadratik etkilerin artışında kuruma süresi kısalırken, nem oranı azalmış ve kuruma hızı artmıştır. Burada osmotik su kaybı parabolik bir etkileşim yarattığı düşölmektedir. Ancak sıcaklık ve tuz konsantrasyonun ortak etkisinin artışı kurutma süresinin uzamasına sebebiyet vermiştir. Burada sıcaklıkla beraber nem çıkışını engelleme olasılığı bulunan tuz kristalleri daha uzun sürede kurumaya sebebiyet verdiği

düşünülmektedir. Tuz konsantrasyonu ve muamele süresinin ortak etkisinin artışıyla kuruma hızı azalmıştır. Önışlemlerin etkisiyle kazanılan nem oranının süreyi uzatarak kurutma hızını azalttığı düşünülmektedir.

Kurutma sıcaklığının lineer etkisi duyusal analiz verilerinin modellerinde hariç negatif etki yaratmıştır. Sıcaklık artışının ürün üzerindeki kalite kayıplarının yarattığı etki ile panelistlerin puanlamalarında azalma meydana gelmiştir. Tuz konsantrasyonunun artışı ise ile tuz kristalleri rengin panelistlerce daha yüksek puanlanmasına sebebiyet vermiştir. Sıcaklık artışı yeşil rengin ve parlaklığın azalmasına sebep olmuştur. Tuz konsantrasyonunun artışı tüm renk parametrelerini üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Tuz konsantrasyonu artışı rehidrasyon işlemlerinde son nem içeriği üzerinde negatif etkiye sebep olmuştur. Sıcaklık artışı ise 30 °C ve 60 °C'de gerçekleştirilen rehidrasyon işleminde son nem içeriğini azalmıştır. Sıcaklıkla artışı ile beraber yapının bozulmasının nem kazanımını azalttığı düşünülmektedir.

Bağımsız değişkenlerin lineer etkilerinin toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz elde edilmiştir. Sıcaklık ve tuz konsantrasyonunun ortak etkisinin artışı toplam fenol içeriğinin azalmasına sebebiyet vermiştir. Tuz konsantrasyonu ve muamele süresinin ortak etkilerinin artması da fenolik içerik azalmasına yol açmıştır. Sıcaklığın quadratik etkisiyle toplam fenolik içerik artmıştır. Tuz konsantrasyonunun quadratik etkisinin artması ise toplam fenolik içerikte azalmaya sebebiyet vermiştir.

Rheum ribes bitkisi önemli bir tıbbi ve aromatik bitkidir. Dolayısıyla gelecekte yapılacak çalışmalarda bu önışlemlerin toplam antioksidan kapasite, toplam flavonoid madde, fenolik madde kompozisyonuna ve elementel madde içeriğine olan etkisi de irdelenmelidir. Ayrıca, bu önışlemlerin kurutulmuş ürünlerin fenolik madde ve elementel madde biyoerişilebilirliğine olan etkisi de ele alınmalıdır. Kurutulmuş ürünlerin kurutuma kalitesine olumlu yönde etkisinin kanıtlandığı vakumlu kurutuma gibi diğer yöntemlerde yapılacak çalışmalar içinde yer almalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdulla, K. K., Taha, E. M. ve Rahim, S. M. (2015). Phenolic profile, antioxidant, and antibacterial effects of ethanol and aqueous extracts of *Rheum ribes L. roots*. *Der Pharmacia Lettre*, 7(4), 26–30.
- Adham, A. ve Naqishbandi, A. (2015). HPLC analysis and antidiabetic effect of *Rheum ribes* root in type 2 diabetic patients. *Zanco Journal of Medical Sciences*, 19(2), 957–964. doi:10.15218/zjms.2015.0017
- Akpinar, E. K. (2010). Drying of mint leaves in a solar dryer and under open sun: Modelling, performance analyses. *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2407–2418. doi:10.1016/j.enconman.2010.05.005
- Akpinar, E. K. (2011). Drying of parsley leaves in a solar dryer and under open sun: Modeling, energy and exergy aspects. *Journal of Food Process Engineering*, 34(1), 27–48. doi:10.1111/j.1745-4530.2008.00335.x
- Alaadin, A. M., Al-Khateeb, E. H. ve Jäger, A. K. (2007). Antibacterial activity of the Iraqi *Rheum ribes* root. *Pharmaceutical Biology*, 45(9), 688–690. doi:10.1080/13880200701575049
- Alan, Y., Erbil, N. ve Digrak, M. (2012). In vivo antimicrobial activity of *Rheum ribes* extracts obtained from various plant parts from Turkey. *Journal of Selçuk University Natural and Applied Science*, 1(4), 23–29.
- Alhaithloul, H. A., Soliman, M. H., Ameta, K. L., El-Esawi, M. A. ve Elkelish, A. (2020). Changes in ecophysiology, osmolytes, and secondary metabolites of the medicinal plants of mentha piperita and catharanthus roseus subjected to drought and heat stress. *Biomolecules*, 10(1), 1–21. doi:10.3390/biom10010043
- Altuğ, T. ve Elmacı, Y. (2005). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*.
- Altunkanat, H. (2019). *Farklı kurutma ön işlemleri ve yöntemlerinin pırasanın (allium porrum l.) fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkisi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Namık Kemal Üniversitesi*.
- Anderson, M. J. ve Whitcomb, P. J. (2016). *RSM Simplified Optimizing Processes Using Response Surface Methods for Design of Experiments*. Second Edition-Taylor and Francis Productivity Press.
- Andiç, S., Tunçtürk, Y., Ocak, E. ve Köse, S. (2009). Some Chemical Characteristics of

- Edible Wild Rhubarb Species (*Rheum Ribes L .*). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(6), 973–977.
- Apak, R., Capanoglu, E. ve Shahidi, F. (2018). *Measurement of antioxidant activity and capacity: Recent trends and applications*. (First.). Wiley.
- Avhad, M. R. ve Marchetti, J. M. (2016). Mathematical modelling of the drying kinetics of Hass avocado seeds. *Industrial Crops and Products*, 91, 76–87. doi:10.1016/j.indcrop.2016.06.035
- Ayrancı, T. (2019). *Bazi Endemik Bitkilerin Antimikrobiyal Ve Antioksidan Aktivitelerinin İncelenmesi*. Ege Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Azzouz, S., Guizani, A., Jomaa, W. ve Belghith, A. (2002). Moisture diffusivity and drying kinetic equation of convective drying of grapes. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 323–330. doi:10.1016/S0260-8774(02)00109-7
- Bati, B., Celik, I., Turan, A., Eray, N., Alkan, E. E. ve Zirek, A. K. (2020). Effect of isgin (*Rheum ribes L.*) on biochemical parameters, antioxidant activity and DNA damage in rats with obesity induced with high-calorie diet. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 0(0), 1–9. doi:10.1080/13813455.2020.1819338
- Bezerra, M. A., Santelli, R. E., Oliveira, E. P., Villar, L. S. ve Escaleira, L. A. (2008). Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. *Talanta*, 76(5), 965–977. doi:10.1016/j.talanta.2008.05.019
- Bhattacharya, M., Srivastav, P. P. ve Mishra, H. N. (2015). Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2013–2022. doi:10.1007/s13197-013-1209-2
- Bilgiç Alkaya, D., Seyhan, S. A. ve Ozturk, B. N. (2019). Influence of extraction method on antioxidant properties of *Rheum ribes* root extract. *Ovidius University Annals of Chemistry*, 30(1), 44–47. doi:10.2478/auoc-2019-0008
- Bodruk, A. (2020). *Puf kurutma yöntemi ile protein içeriği yüksek atıştırmalık et (dana nuarı) üretimi: Uygun ön işlem koşullarının belirlenmesi, puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu*. <http://acikerisim.ege.edu.tr/xmlui/handle/11454/59128> adresinden erişildi.
- Boztas, G., Avcı, A. B., Arabacı, O. ve Bayram, E. (2021). Tıbbi ve aromatik bitkilerin dünyadaki ve Türkiye'deki ekonomik durumu. *Theoretical and Applied Forestry*,

1(1), 27–33. doi:10.53463/tafor.2021vol1iss1pp27-33

- Chaudhary, V., Kumar, V., . S., Singh, B., Kumar, R. ve Kumar, V. (2019). Impact of different drying methods on sensory properties of osmotic dehydrated pineapple slices. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, (of). doi:10.18805/ajdfr.dr-1434
- Chunthaworn, S., Achariyaviriya, S., Achariyaviriya, A. ve Namsanguan, K. (2012). Color kinetics of longan flesh drying at high temperature. *Procedia Engineering*, 32, 104–111. doi:10.1016/j.proeng.2012.01.1243
- Çınar, İ. (2009). Ozmotik dehidrasyon Mekanizması ve Uygulama Alanları. *Gıda*, 34(5), 325–329. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gidader/article/view/5000097210> adresinden erişildi.
- Comtrade. (2021). International Trade Center. <https://www.trademapp.org/Index.aspx> adresinden erişildi.
- Das, A. K. ve Dewanjee, S. (2018). Optimization of Extraction Using Mathematical Models and Computation. *Computational Phytochemistry* içinde (ss. 75–106). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-812364-5.00003-1
- Davis, P. H. (1970). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands Vol. 3*. Edinburgh University Press.
- Demiray, E. ve Tülek, Y. (2016). Güne te Kurutulmuş Bamyaların Rehidrasyon Kineti i. *Akademik Gıda*, 14(4), 368–374.
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., ... Xiao, H. W. (2019). Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9), 1408–1432. doi:10.1080/10408398.2017.1409192
- Deng, M., Xie, L., Zhong, L., Liao, Y., Liu, L. ve Li, X. (2020). Imperatorin: A review of its pharmacology, toxicity and pharmacokinetics. *European Journal of Pharmacology*, 879(May), 1207–1218. doi:10.1016/j.ejphar.2020.173124
- Doğan, A. ve Tuzlacı, E. (2015). Tunceli'nin Bazı Yöresel Bitki Adları. *Avrasya Terim Dergisi*, 3(2), 23-33–33.
- Doğan, H. ve Meral, R. (2016). The Use of *Rheum ribes* as a Functional Ingredient in Biscuit Production. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 4(6), 91–91. doi:10.21597/jist.2016624159

- Doymaz, I. ve 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 and Foods*, 10(3), 269–276. doi:10.3920/QAS2017.1257
- Doymaz, Ibrahim. (2006). Drying kinetics of black grapes treated with different solutions. *Journal of Food Engineering*, 76(2), 212–217. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.05.009
- Dursun, T. (2016). Polygonaceae Familyasına Dahil *Rheum Ribes* L . (Uçkun , Işgın) Bitkisinde Sekonder Metabolit Ekstraksiyonu, Molekül İzolasyonu Ve Biyoaktivite Çalışmalarının İncelenmesi. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 83.
- El-Beltagy, A., Gamea, G. R. ve Essa, A. H. A. (2007). Solar drying characteristics of strawberry. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 456–464. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.10.015
- El-Lakany, A., Abdul-Ghani, M. ve Boukhary, R. (2008). Anthraquinones from *Rheum ribes* growing in Lebanon. *Alex. J. Pharm. Sci.*, 22(August), 117–119.
- Erbay, Z. ve Icier, F. (2010). A review of thin layer drying of foods: Theory, modeling, and experimental results. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 441–464. doi:10.1080/10408390802437063
- Erdoğan, M. K., Ağca, C. A. ve Geçibesler, İ. H. (2020). The antiproliferative potential of isolated emodin and aloe-emodin from *Rheum ribes* on different cancer cell lines. *Biological Diversity and Conservation*, 13(2), 160–168. doi:10.46309/biodicon.2020.753046
- Eren, I. ve Kaymak-Ertekin, F. (2007). Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 344–352. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.01.069
- Ertekin, C. ve Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63(3), 349–359. doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.08.007
- Ertekin, Can ve Firat, M. Z. (2017). A comprehensive review of thin-layer drying models used in agricultural products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 701–717. doi:10.1080/10408398.2014.910493
- Evin, D. (2011). Microwave drying and moisture diffusivity of white mulberry:

- Experimental and mathematical modeling. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 25(10), 2711–2718. doi:10.1007/s12206-011-0744-x
- FAO. (2005). Trade in Medicinal Plants. *Food and Agriculture Organization*, 1–53.
- FAO. (2021). International Day of Forests marked at high-level virtual ceremony. <http://www.fao.org/news/story/en/item/1382203/icode/> adresinden erişildi.
- Fazeli, S. (2016). Identification of Phenolic Compounds in Roots of Rheum, (July), 119.
- Fernández-Vázquez, R., Stinco, C. M., Hernanz, D., Heredia, F. J. ve Vicario, I. M. (2013). Colour training and colour differences thresholds in orange juice. *Food Quality and Preference*, 30(2), 320–327. doi:10.1016/j.foodqual.2013.05.018
- Ghafari, S., Aziz, H. A., Isa, M. H. ve Zinatizadeh, A. A. (2009). Application of response surface methodology (RSM) to optimize coagulation-flocculation treatment of leachate using poly-aluminum chloride (PAC) and alum. *Journal of Hazardous Materials*, 163(2–3), 650–656. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.07.090
- Ghodake, H. M., Goswami, T. K. ve Chakraverty, A. (2006). Mathematical modeling of withering characteristics of tea leaves. *Drying Technology*, 24(2), 159–164. doi:10.1080/07373930600558979
- Gong, B., Sun, S., Yan, Y., Jing, X. ve Shi, Q. (2018). *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants*. (D. K. Gupta, J. M. Palma ve F. J. Corpas, Ed.) *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants*. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-75088-0
- Górnicki, K., Kaleta, A. ve Choińska, A. (2020). Suitable model for thin-layer drying of root vegetables and onion. *International Agrophysics*, 34(1), 79–86. doi:10.31545/intagr/115190
- Gornicki, K., Kaleta, A., Winiczenko, R., Chojnacka, A. ve Janaszek, M. (2013). *Some Remarks on Modelling of Mass Transfer Kinetics During Rehydration of Dried Fruits and Vegetables*. *Mass Transfer - Advances in Sustainable Energy and Environment Oriented Numerical Modeling*. InTech.
- Guiné, R. ve Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90(1), 58–63. doi:10.1016/j.fbp.2011.01.003
- Guiné, R. P. F., Ferreira, D. M. S., Barroca, M. J. ve Gonçalves, F. M. (2007). Study of the drying kinetics of solar-dried pears. *Biosystems Engineering*, 98(4), 422–429.

doi:10.1016/j.biosystemseng.2007.09.010

- Hamzeh, S., Farokhi, F., Heydari, R. ve Manaffar, R. (2014). Renoprotective effect of hydroalcoholic extract of *Rheum ribes* root in diabetic female rats. *Avicenna journal of phytomedicine*, 4(6), 392–401. doi:10.22038/ajp.2014.3371
- Hayıt, F. ve Gül, H. (2019). Glutensiz Bisküvi Unu Formülasyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi Kullanılarak Optimizasyonu. *Akademik Gıda*, 17(2), 185–192. doi:10.24323/akademik-gida.613560
- Heredia, A., Peinado, I., Rosa, E., Andrés, A. ve Escribe, I. (2012). Volatile profile of dehydrated cherry tomato: Influences of osmotic pre-treatment and microwave power. *Food Chemistry*, 130(4), 889–895. doi:10.1016/j.foodchem.2011.08.003
- Hernández, I., Alegre, L., Van Breusegem, F. ve Munné-Bosch, S. (2009). How relevant are flavonoids as antioxidants in plants? *Trends in Plant Science*, 14(3), 125–132. doi:10.1016/j.tplants.2008.12.003
- Hudson, J. B., Lee, M. K., Sener, B. ve Erdemoglu, N. (2000). Antiviral activities in extracts of Turkish medicinal plants. *Pharmaceutical Biology*, 38(3), 171–175. doi:10.1076/1388-0209(200007)3831-SFT171
- Jafari, F., Movagharnejad, K. ve Sadeghi, E. (2020). Infrared drying effects on the quality of eggplant slices and process optimization using response surface methodology. *Food Chemistry*, 333, 127423. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127423
- Jangam, S. V., Law, C. L. ve Mujumdar, A. S. (2010). *Drying of foods, vegetables and fruits*. Published in Singapore. <https://arunmujumdar.com/wp-content/uploads/2020/03/Drying-of-Foods-Vegetables-and-Fruits-Volume-1.pdf> adresinden erişildi.
- Kadam, D. M., Goyal, R. K. ve Gupta, M. K. (2011). Mathematical modeling of convective thin layer drying of basil leaves. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5(19), 4721–4730.
- Kalisz, S., Oszmiański, J., Kolniak-Ostek, J., Grobelna, A., Kieliszek, M. ve Cendrowski, A. (2020). Effect of a variety of polyphenols compounds and antioxidant properties of rhubarb (*Rheum rhabarbarum*). *LWT*, 118, 108775. doi:10.1016/j.lwt.2019.108775
- Kamiloglu, S. (2020). Industrial freezing effects on the content and bioaccessibility of spinach (*Spinacia oleracea* L.) polyphenols. *Journal of the Science of Food and*

- Agriculture*, 100(11), 4190–4198. doi:10.1002/jsfa.10458
- Karaaslan, M., Yıldırım, A. ve Vardin, H. (2016). Farklı Kurutma Teknikleri ve Ön İşlem Uygulamaları ile Kurutulmuş Soğanların Rehidrasyon Kapasitelerinin Artırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3), 192–203. doi:10.29050/harranziraat.259111
- Keçebaş, T. (2007). *Farklı Haşlama Uygulamalar İle Saklamanın Kurutulmuş Brokkolinin Renk ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkileri*. Adana Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khiveh, A., Hashempur, M. H., Shakiba, M., Lotfi, M. H., Shakeri, A., Kazemeini, S. K., ... Emtiazy, M. (2017). Effects of rhubarb (*Rheum ribes* L.) syrup on dysenteric diarrhea in children: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of Integrative Medicine*, 15(5), 365–372. doi:10.1016/S2095-4964(17)60344-3
- Khodifad, B. C. ve Kumar, N. (2020). Foaming properties of custard apple pulp and mathematical modelling of foam mat drying. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 526–536. doi:10.1007/s13197-019-04082-0
- Kirmit, A., Takım, K., Durmuş, E., Güler, E. M., Yenigün, V. B., Bulut, H. ve Koçyiğit, A. (2020). Investigation of the anti-cancer effect of *Rheum Ribes* L.'s ethanol extracts on malign melanoma cells. *Journal of Health Sciences and Medicine*, 3(2), 148–152. doi:10.32322/jhsm.689150
- Krokida, M. K. ve Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57(1), 1–7. doi:10.1016/S0260-8774(02)00214-5
- Kul, S. (2004). *Cevap Yüzeyi Yöntemleri*. Mersin Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Lazić, Ž. R. (2004). *Design of Experiments in Chemical Engineering. Design*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. doi:3527311424
- Lewis, W. K. (1921). The Rate of Drying of Solid Materials. *Industrial and Engineering Chemistry*, 13(5), 427–432. doi:10.1021/ie50137a021
- Li, Zhenfeng, Raghavan, G. S. V. ve Wang, N. (2010). Carrot volatiles monitoring and control in microwave drying. *LWT - Food Science and Technology*, 43(2), 291–297. doi:10.1016/j.lwt.2009.08.002
- Li, Zhimin, Zhong, H., Tang, R., Liu, T., Gao, W. ve Zhang, Y. (2006). Experimental

- investigation on solar drying of salted greengages. *Renewable Energy*, 31(6), 837–847. doi:10.1016/j.renene.2005.05.008
- Liu, X., Qiu, Z., Wang, L., Cheng, Y., Qu, H. ve Chen, Y. (2009). Mathematical modeling for thin layer vacuum belt drying of Panax notoginseng extract. *Energy Conversion and Management*, 50(4), 928–932. doi:10.1016/j.enconman.2008.12.032
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 177–182. doi:10.1016/S0260-8774(00)00155-2
- Mendoza, F., Dejmek, P. ve Aguilera, J. M. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41(3), 285–295. doi:10.1016/j.postharvbio.2006.04.004
- Meral, R. (2011). *Fonksiyonel Öneme Sahip Doğal Bileşenlerin Hamur ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi*. YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Meral, R. (2017). Farklı Sıcaklık Derecelerinin Uşkun Bitkisinin Antioksidan Aktivitesi ve Fenolik Profili Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 88–94. doi:10.29133/yyutbd.285999
- Meral, R., Doğan, İ. S. ve Kanberoğlu, G. S. (2012). Fonksiyonel Gıda Bileşeni Olarak Antioksidanlar. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 45–50.
- Moreira, I. dos S., da Silva, W. P., de Castro, D. S., Silva, L. M. de M., Gomes, J. P. ve e Silva, C. M. D. P. S. (2018). Production of kiwi snack slice with different thickness: Drying kinetics, sensory and physicochemical analysis. *Australian Journal of Crop Science*, 12(5), 778–787. doi:10.21475/ajcs.18.12.05.PNE925
- Moss, J. R. ve Otten, L. (1989). A Relationship Between Colour Development and Moisture Content During Roasting of Peanuts. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22(1), 34–39. doi:10.1016/s0315-5463(89)70298-4
- Mujumdar, A. S. (2019). *Handbook of industrial drying, revised and expanded* (Second Edi., C. 1). CRC Press.
- Munzuroglu, O., Karatas, F. ve Gur, N. (2000). Işgın (*Rheum ribes* L.) Bitkisindeki A, E ve C Vitaminleri ile Selenyum Düzeylerinin Araştırılması. *Turkish Journal of Biology*, 24, 397–404.
- Nabati, F., Mojab, F., Habibi-Rezaei, M., Bagherzadeh, K., Amanlou, M. ve Yousefi, B.

- (2012). Large scale screening of commonly used Iranian traditional medicinal plants against urease activity. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20(1), 72. doi:10.1186/2008-2231-20-72
- Naemi, F., Asghari, G., Yousofi, H. ve Yousefi, H. A. (2014). Chemical composition of essential oil and anti trichomonas activity of leaf, stem, and flower of *Rheum ribes* L. extracts. *Avicenna journal of phytomedicine*, 4(3), 191–9. doi:10.22038/ajp.2014.1968
- Nayak, P. K., Mohan, C. C. ve Radhakrishnan, K. (2018). Effect of microwave pretreatment on the color degradation kinetics in mustard greens (*Brassica juncea*). *Chemical Engineering Communications*, 205(9), 1261–1273. doi:10.1080/00986445.2018.1446003
- Nikjooy, S. ve Jahanshahi, S. S. (2014). Effect of hot-air drying conditions on the quality of rhubarb (*Rheum Ribes* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(5), 230–236.
- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F. ve 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. doi:10.1111/j.1745-4549.2011.00593.x
- Obajemihi, O. I., Olaoye, J. O., Ojediran, J. O., Cheng, J. H. ve Sun, D. W. (2020). Model development and optimization of process conditions for color properties of tomato in a hot-air convective dryer using box–behnken design. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), 1–13. doi:10.1111/jfpp.14771
- Oliveira, S. M., Brandão, T. R. S. ve Silva, C. L. M. (2016). Influence of Drying Processes and Pretreatments on Nutritional and Bioactive Characteristics of Dried Vegetables: A Review. *Food Engineering Reviews*, 8(2), 134–163. doi:10.1007/s12393-015-9124-0
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M. ve Abdan, K. (2016). Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 599–618. doi:10.1111/1541-4337.12196
- Oturakçı, N. (2012). Divanü Lûgati't-Türk'teki botanik terimlerinin Kazakça ve Türkçedeki görünüşleri. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 13, 195–212.
- Özbek, H., Ceylan, E., Kara, M., Özgökçe, F. ve Koyuncu, M. (2004). Hypoglycemic

- effect of *Rheum ribes* roots in alloxan induced diabetic and normal mice. *Scandinavian Journal of Laboratory Animal Science*, 31(2), 113–115.
- Ozcan-Sinir, G., Ozkan-Karabacak, A., Tamer, C. E. ve Copur, O. U. (2019). The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of kumquat (*Citrus japonica*). *Food Science and Technology*, 39(2), 475–484. doi:10.1590/fst.34417
- Özcan, M. M., Dursun, N. ve Arslan, D. (2007). Some nutritional properties of Prangos ferulacea (L.) lindl and *Rheum ribes* L. stems growing wild in Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(2), 162–167. doi:10.1080/09637480601154145
- Öztürk, M., Aydoğmuş-Öztürk, F., Duru, M. E. ve Topçu, G. (2007). Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Food Chemistry*, 103(2), 623–630. doi:10.1016/j.foodchem.2006.09.005
- Panchariya, P. C., Popovic, D. ve Sharma, A. L. (2002). Thin-layer modelling of black tea drying process. *Journal of Food Engineering*, 52(4), 349–357. doi:10.1016/S0260-8774(01)00126-1
- Rahman, M. M., Kumar, C., Joardder, M. U. H. ve Karim, M. A. (2018). A micro-level transport model for plant-based food materials during drying. *Chemical Engineering Science*, 187, 1–15. doi:10.1016/j.ces.2018.04.060
- Rastogi, N. K., Angersbach, A. ve Knorr, D. (2000). Evaluation of mass transfer mechanisms during osmotic treatment of plant materials. *Journal of Food Science*, 65(6), 1016–1019. doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb09409.x
- Rubina, T., Aboltins, A. ve Palabinskis, J. (2019). Drying characteristics of rhubarb cubes at low temperature. *Engineering for Rural Development*, 18, 1249–1256. doi:10.22616/ERDev2019.18.N539
- Saha, D., Nanda, S. K. ve Yadav, D. N. (2019). Optimization of spray drying process parameters for production of groundnut milk powder. *Powder Technology*, 355, 417–424. doi:10.1016/j.powtec.2019.07.066
- Sayyah, M., Boostani, H., Pakseresht, S. ve Malayeri, A. (2009). Efficacy of hydroalcoholic extract of *Rheum ribes* L. in treatment of major depressive disorder. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(8), 573–575.
- Sereno, A. M., Moreira, R. ve Martinez, E. (2001). Mass transfer coefficients during

- osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering*, 47(1), 43–49. doi:10.1016/S0260-8774(00)00098-4
- Sharifi, A., Niakousari, M. ve Rigi, S. (2020). Experimental study and mathematical modeling of thin layer drying of rhubarb (*Rheum ribes* L.). *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 3(1), 1–6.
- Sindhu, R. K., Kumar, P., Kumar, J., Kumar, A. ve Arora, S. (2010). Investigations into the anti-ulcer activity of *Rheum ribes* linn leaves extracts. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2(SUPPL. 4), 90–92.
- Šumić, Z., Vakula, A., Tepić, A., Čakarević, J., Vitas, J. ve Pavlić, B. (2016). Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*, 203, 465–475. doi:10.1016/j.foodchem.2016.02.109
- Tan, M., Chua, K. J., Mujumdar, A. S. ve Chou, S. K. (2001). Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation on drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. *Drying Technology*, 19(9), 2193–2207. doi:10.1081/DRT-100107494
- Tartik, M., Darendelioglu, E., Aykutoglu, G. ve Baydas, G. (2015). The various biological activities of *Rheum ribes* extract on different types of cell. *tr. J. Nature Sci.*, 4(2), 1–7.
- Taskin, T. ve Bulut, G. (2019). Qualitative and quantitative phytochemical analysis and in-vitro biological activity of *Rheum ribes* L. different parts. *Istanbul Journal of Pharmacy*, 49(1), 7–13. doi:10.26650/istanbuljpharm.2019.18012
- Thakur, M., Pant, K., Naik, R. R. ve Nanda, V. (2021). Optimization of spray drying operating conditions for production of functional milk powder encapsulating bee pollen. *Drying Technology*, 39(6), 777–790. doi:10.1080/07373937.2020.1720225
- Toğrul, H. (2006). Suitable drying model for infrared drying of carrot. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 610–619. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.07.020
- Torreggiani, D. ve Bertolo, G. (2001). Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, 49(2–3), 247–253. doi:10.1016/S0260-8774(00)00210-7
- Tosun, İ. ve Yüksel, S. (2003). Üzümsü Meyvelerin Antioksidan Kapasitesi. *Ondokuz*

Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Dergisi, 40–46.

- TUİK. (2021). Dış Ticaret İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul> adresinden erişildi.
- Tuncer, B. ve Günsan, B. (2017). Yabani Raventte(*Rheum ribes* L.) Doku Kültürü ile Çoğaltım Üzerine Araştırma. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 296–301. doi:10.19159/tutad.323431
- Tuncturk, M., Celen, A. E. ve Tuncturk, R. (2017). Nutrient content of three edible wild plants from polygonaceae family. *Oxidation Communications*, 40(1–II), 327–334.
- Türk Toğrul, İ., Çelebi, R. S. ve Toğrul, H. (2018). Farklı ön işlem uygulanan Ahlatın kuruma ve büzülme davranışının modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2018(2018), 1231–1245. doi:10.17341/gazimmfd.416456
- Türkan, Ş., Malyer, H., Öz Aydın, S. ve Tümen, S. (2006). Some Plants and their Ethnobotanical Characteristics Growing in Ordu and its Environs. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 162–166. doi:10-02,(2006)-162-166
- Uyar, P., Çoruh, N. ve İşcan, M. (2014). Evaluation of in Vitro Antioxidative, Cytotoxic and Apoptotic Activities of *Rheum ribes* Ethyl Acetate Extracts. *Journal of Plant Sciences (Science Publishing Group)*, 2(6), 339. doi:10.11648/j.jps.20140206.22
- Verma, D. K., Thakur, M., Srivastav, P. P., Karizaki, V. M. ve Suleria, H. A. R. (2020). Effects of Drying Technology on Physiochemical and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. *Emerging Thermal and Nonthermal Technologies in Food Processing* içinde (ss. 69–116). doi:10.1201/9780429297335-3
- Wang, C. Y. ve Singh, R. P. (1978). Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 11(6), 668–672.
- Wang, J., Bai, T. Y., Wang, D., Fang, X. M., Xue, L. Y., Zheng, Z. A., ... Xiao, H. W. (2019). Pulsed vacuum drying of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) slices: Effects on drying characteristics, rehydration ratio, water holding capacity, and microstructure. *Drying Technology*, 37(3), 301–311. doi:10.1080/07373937.2017.1423325
- White, G. M., Bridges, T. C., Loewer, O. J. ve Ross, I. J. (1980). Seed Coat Damage in Thin-Layer Drying of Soybeans. *Transactions of the ASAE*, 23(1), 0224–0227.

doi:10.13031/2013.34559

- WHO. (2013). WHO Traditional Medicine Strategy 2014-2023. *World Health Organization (WHO)*, 1–76.
- Yadav, A. K. ve Singh, S. V. (2014). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1654–1673. doi:10.1007/s13197-012-0659-2
- Yetiş, C. ve Arslanoğlu, Ş. F. (2017). *Rheum ribes* L. as Medicinal Plant. *In Congress Book* içinde (s. 2). 2nd International Balkan Agriculture Congress.
- Yılmaz, İ. (2010). Antioksidan İçeren Bazı Gıdalar ve Oksidatif Stres. *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 17(2), 143–154.
- Zahedi, M., Hojjati, M. R., Fathpour, H., Rabieic, Z., Alibabaei, Z. ve Basima, A. (2015). Effect of *Rheum ribes* hydro-alcoholic extract on memory impairments in rat model of Alzheimer's disease. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 14(4), 1197–1206. doi:10.22037/ijpr.2015.1743
- Zogzas, N. P., Maroulis, Z. B. ve Marinos-Kouris, D. (1996). Moisture Diffusivity Data Compilation in Foodstuffs. *Drying Technology*, 14(10), 2225–2253. doi:10.1080/07373939608917205

EKLER**EK 1.Duyusal Analiz Panelist Formu**

PUANLAMA TESTİ						
Panelist Adı- Soyadı:			Tarih:			
Cinsiyet:			Saat:			
Sigara kullanıyor musunuz?			Yaş:			
	Kalite Kriterleri					
Ürün Kodu	Görünüş	Renk	Tekstür	Koku	Tat	Genel Beğeni
395						
765						
856						
209						
103						
324						
295						
598						
300						
245						
476						
987						
791						
619						
892						
123						
720						
267						
195						
Puan Değerleri İle İlgili Açıklamalar						
1 Çok Kötü	2 Kötü(kusurlu)	3 Sınırdadır	4 Ortanın biraz altı	5 Orta		
6 Oldukça iyi	7 İyi	8 Çok İyi	9 Mükemmel	10 Fevkalade		
	İstenen Özellikler			İstenmeyen Özellikler		
Görünüş						
Renk	Otumsuz Yeşil, Meyvemsi Yeşil			Kahverengi, Samanır		
Koku	Kendine has koku			Yanık Koku, Yabancı Koku		
Tekstür	Kırılğan,Ufalanın,Gözenekli,Süngerimsi			Sert, Odunsu, Lifli		
Tat	Otumsuz, Ekşimsi, Kendine has aroma			Odunumsu Aroma, Yanık tat		
Genel Beğeni	Tüketilebilir			Tüketilemez		