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 muzu, yayla muzu' adları ile de bilinmektedir. Rheum cinsine ait Türkiye'de yetişen tek tür *Rheum ribes* 'dir. Bu araştırmada, *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, duyusal analiz, rehidrasyon analizi) araştırılmıştır. Işkın bitkisinin kurutma davranışı açıklayan model Page ve Modifiye Page modelleri olmuştur. Bağımlı değişkenlerden L* değeri, h^o değeri, kuruma süresi, toplam fenolik madde miktarı, toplam kuruma hızı ve nem oranı değerleri model olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).
Optimum koşul 70 ^{o}C'de, %3,489 tuz solüsyonunda 35 dakika muamele sonucu sıcak hava ile kurutma olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak L* değeri 50,726, h^o 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, Önişlem, 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^o 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^{o}C. Accordingly, L* value was 50.726, h^o 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 esirgemeden bana destek olan Arş. Gör. Azime Özkan KARABACAK'a, Arş. Gör. Ertürk BEKAR, Doç. Dr. Senem KAMİLOĞLU 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. *Rheum ribes* 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 Önişlem 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 *Rheum ribes* Numuneleri.....17
Şekil 3.2.Araştırmada Kullanılan Konvansiyonel Kurutma Fırını 18
Şekil 3.3.Kurutma Prosesindeki *Rheum ribes* Numuneleri.....18
Şekil 3.4.Yüzük Şeklinde Dilimlenen Işkın Numuneleri.....18
Şekil 3.5.Tuz Solüsyonunda Bekletilen Işkın Numuneleri 18
Şekil 3.6.Ultrosonik 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 Rheum ribes Örnekleri.....27
Şekil 4.1.Analiz Kapsamındaki *Rheum ribes* 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 *Rheum ribes* Örnekleri (a) Rehidrasyon Öncesi (b) Rehidrasyon Sonrası 37
Şekil 4.6. 30 ^{o}C'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizi İçin Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi 39
Şekil 4.7. 45^{o}C'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizi İçin Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi…….39
Şekil 4.8. 60^{o}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 Grafiği82
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 ^{o}C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği……..89
Şekil 4.39.30 ^{o}C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri..89
Şekil 4.40.Bağımsız Değişkenlerin 45 ^{o}C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği……..91
Şekil 4.41.45 ^{o}C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri..91
Şekil 4.42.Bağımsız Değişkenlerin 60^{o}C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri Üzerine Etkisini Gösteren Pertürbasyon Grafiği……..93
Şekil 4.43.60 ^{o}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.*Rheum ribes* Bitkisinin Kurutma Koşullarına Göre 30 ℃, 45 ℃ ve 60 ℃ Rehidrasyon Sıcaklıkları İçin Son Nem İçeriği (MC), Rehidrasyon Kapasitesi (RC) ve Rehidrasyon Oranı (RR) Değerleri……38
Çizelge 4.2.*Rheum ribes* 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.*Rheum ribes* Bitkisine Ait Renk Analizi Sonuçları (L*, a*, b*)……..54
Çizelge 4.6.*Rheum ribes* 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
Çizelge4.10.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 4.25.30ºC'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri……..….90
Çizelge 4.26. 45ºC'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri……...92
Çizelge 4.27. 60ºC'de Gerçekleştirilen Rehidrasyon Analizine Ait Son Nem İçeriği Verilerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri……..….94
Çizelge 4.28. Toplam Fenolik Madde İçeriği Modelininim 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 TUİK 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;TUİK, 2021; Boztas, Avcı, Arabacı ve Bayram, 2021).

Tıbbı 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 yabani 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 yabani 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-trikomonas (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 (Kirmit ve diğerleri, 2020) özelliklerine sahip olduğu yapılan detaylı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalar, *Rheum ribes* bitkisinin yüksek fenolik madde içerdiği ve serbest radikalleri bağladığı sonucunu çıkarmış 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 içerdiğini belirten çalışmalar mevcuttur (Munzuroglu, 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 degredasyonunun olduğu, renk ve duyusal 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, duyusal özellikler, toplam fenolik madde miktarı) araştırılmıştır. Kurutma işleminin ince tabaka yöntemi ile matematiksel modellemesi 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 muzu, yayla muzu' 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''ışgun: 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 ekstraksiyonun 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. Araştırıcılar 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, ülsere 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 (Alhaithloul, 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 çalışmalada, 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 ektraksiyon sıvıları kullanılarak gerçekleştirilen bir araştırmada *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 araştırmalarda çeşitli coğrafik konumlardan elde edilip analizi gerçekleştirilen örneklerde 5- desoxyquercetin, aloe emodin, aloeemodin-8-O-glucoside, qauercetin 3-0-rutinoside, quercetin 3-0- galactoside, quercetin 3-0-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-galloyglucose) içerdiği ortaya konulmuştur (Kalisz ve diğerleri, 2020).

Yapılan bir araştırmada bölgelerden elde edilen ışkınlardaki 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 proseste vücudun 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 µg/g olarak olarak bulunmuştur. *Rheum ribes* bitkisi 0,255 µg/g vit-A, 0,614 µg/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 muzu' 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; Kirmit ve diğerleri, 2020).

Rheum ribes bitkisinin gıda endüstrisinde bir içerik olarak kullanımı 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. Işkını % 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 değişimin engellenmesi adına olumlu sonuçlar alınmıştır. Elma örneklerine çeşitli derişimlerde bitki suyu ile muamele edilmiş ve oda koşullarında degredasyon 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 degredasyon 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 okzalik 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 (Hadjzadeh, 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 yansıra 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 işlemden geçmesi, oksijen içermeyen ortamda depolanması, radyoaktif ve ultraviyole ışınlara 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 Aydin 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 kurutarak, 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 ºC giriş hava sıcaklığında kurutulmuştur. Yapılan çalışma 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 tekniğin geliştirilmesi adına uygulanan önişlem olarak çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu önişlemleri kimyasal ve fiziksel uygulamalar olarak gerçekleşmektedir. Kimyasal uygulamalar ozmotik, alkali, asidik ve sülfit 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 basıç 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 hipertonik (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 işlemli olarak mikrodalgada kurutma

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

Kurutma öncesinde çeşitli çözeltiler kullanılarak (NaCl, $CaCl_2$, MgO, $MgCO_3$ 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 $CaCl_2$ 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 $CaCl_2$ muamelelerinde olduğu raporlanmıştır (Keçebaş, 2007).

Li ve diğerlerinin (2006), geleneksel tuzlu erik üretimi üzerinde yaptıkları bir araştırmada 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 araştırması kapsamında seçilmiştir.

Çeşitli kalite kayıplarını önlemek adına kurutma işlemi farklı sıcaklıklarda denenmiş ve sıcak hava ile konvansiyonel kurutma için önişlem 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). Akpinar'ın 2010 yılında maydanoz nane ve fesleğenin güneşte kurutulması üzerine yaptığı bir araştırmada 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 difüzite 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 (Akpinar, 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 ürünün tekrar nem içeriğinin kazandırılması işlemine verilen isimdir. Rehidrasyon işlemi üç aşamada gerçekleşir. Kurutulmuş ürünün matriksine su geri kazandırılması, şişme ve çözünenin ektrasksiyonu 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, Movagharnejad 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) getirtilmesi sağlanmıştır. Laboratuvara ulaşan numuneler çiçek ve gövde kısımları ayrılıp, kabuğu soyularak 4 mm kalınlığında dilimlenerek her bir kurutma işlemi için vakumla ambalajlanıp 4 ºC' de analiz süresince koruma sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Araştırmada Kullanılan *Rheum Ribes* Numuneleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Kurutma Koşulları

Işkının 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) ışkınlara 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 ışkınlar (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. Deney 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 modellemesi 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-Benhken 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 (ºC) (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, duyusal 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 (ºC)	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 çözgenler 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 ± 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. Ultrosonik su banyosunda (Bandelin Sonorex R K512 H**)** özütleme 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 ışıksız 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 noktasından ölçüm yapılıp ortalaması alınmıştır (Konica Minolta CR-400) (Şekil 3.9.). Yaş örneğin 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, +sarılık) 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.

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

$$\begin{aligned} H^o &= \arctan(b^*/a^*) && , a^*>0 \ ; b>0 \\ H^o &= 180^o + \arctan(b^*/a^*) && , a^*<0 \ ; \ b>0 \\ H^o &= 270^o + \arctan(b^*/a^*) && , a^*<0 \ ; b<0 \end{aligned} \tag{2}$$

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

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 ± 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) eşitik 5 ile hesaplanmıştır.

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

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

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.

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

Bu denklemde DR: kuruma hızı (g H_2O/g KM sa), M_t ve M_{t+dt}; t ve t+dt anındaki ürünün nemi (g H_2O/g KM), t ise zamanı (dakika) ifade etmektedir (Erbay ve Icier, 2010).

3.3.6. Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi

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

$$ANO = \frac{m_t - m_e}{m_0 - m_e} \tag{7}$$

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), m_o: 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.

$$D_{eff} = -\frac{K.4L^2}{\pi^2} \tag{8}$$

Hesaplama yapılırken sıcaklığın her noktada eşit olduğu varsayılmıştır. Eşitlik 8'de belirtilen D_{eff}; etkin difüzyon katsayısı (m^2/s), K doğrunun eğimini ve L; ürün kalınlığının yarısı (m) olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 3.3. Kurutmanın matematiksel modellenmesinde kullanılan ince tabaka modelleri

Model	Denklem	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}	(Ibrahim 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+αt+bt^2	(Akpinar, 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, α(s^{-1}) , b(s^{-2}) ve c modelden gelen katsayılar olarak ifade edilmektedir.

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

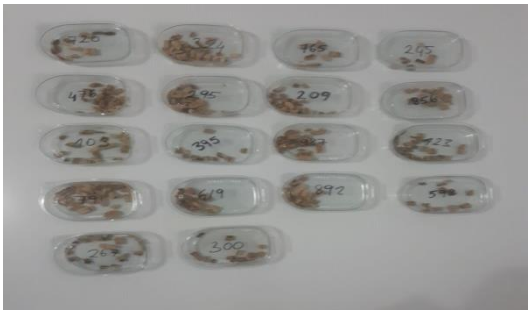
$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(ANO_{deneysel,i} - ANO_{tahmini,i})^2}{N-n} \quad (10)$$

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 (ışkın) 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 duyusal 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.

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

Denklemde Y_i, x_i vasıtasıyla tahmin edilen değeri, x_j bağımsız değişkeni, b_o 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), duyusal 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 ,düzeltilmiş 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 işlemine 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 ektraksiyonu 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 çözgenleri, 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. Hº (rengin ton açısı) değerlerinin 0º, 90º,180º, 270º ve 360º 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 duyusal analiz sonuçlarında değerlendirildiğinde 10 üzerinden ortalama olarak puanlama yapılan analizde panelistler tarafından taze ışkın farklı koşullarda kurutulmuş örneklere 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.

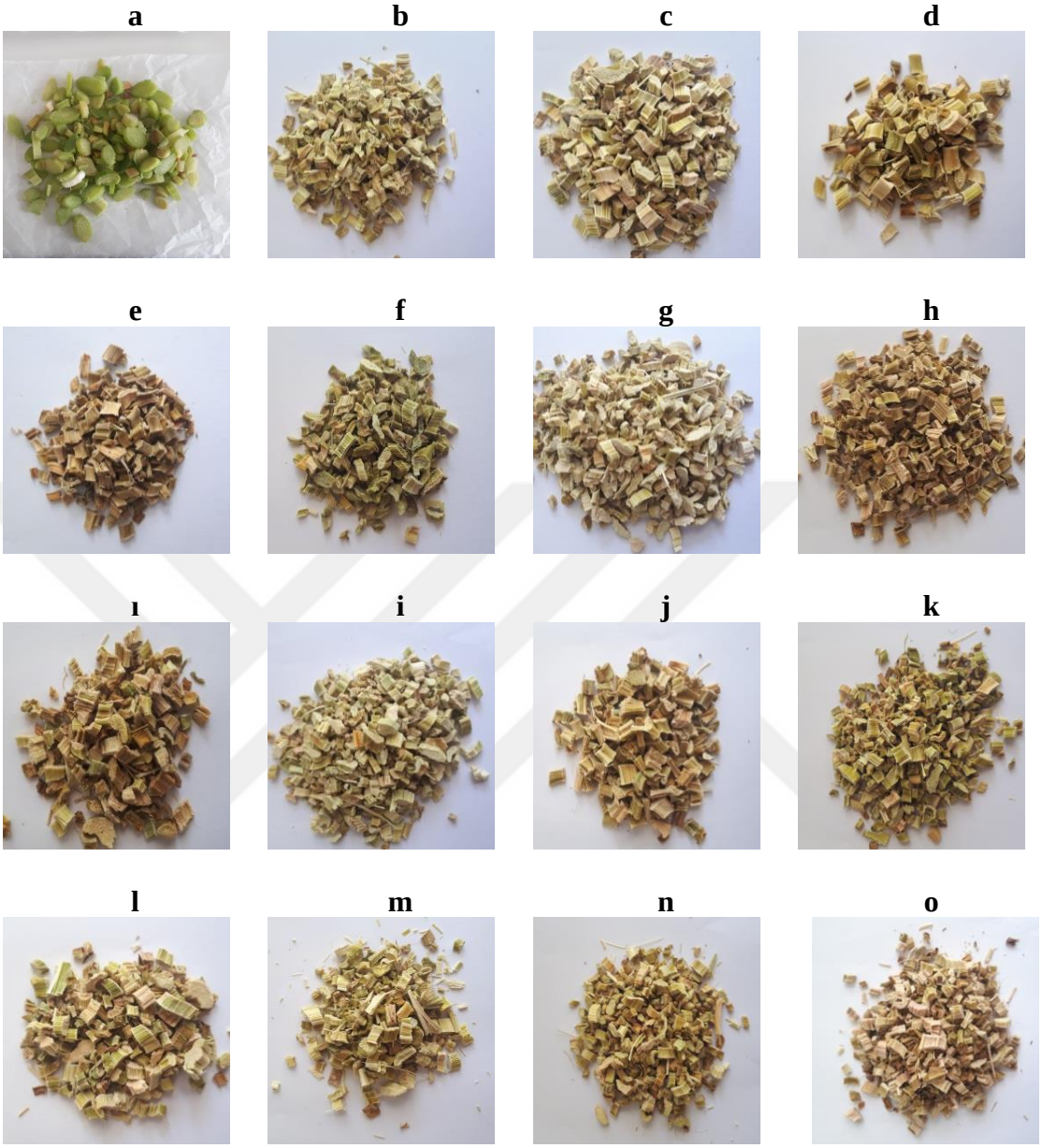
4.2. Kurutma Eğrileri ve Kuruma Hızları

Konvansiyonel kurutma yöntemiyle önişlemlerin 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 önişlem 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 önişleme 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 oranın 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 beklenilen bir gözlemdir. Her önişlem 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 önişlemlerin 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 işlemli koşullarda sürenin 7 katına çıkması kuruma süresinde % 8,51 oranında azalışa sebebiyet vermiştir.

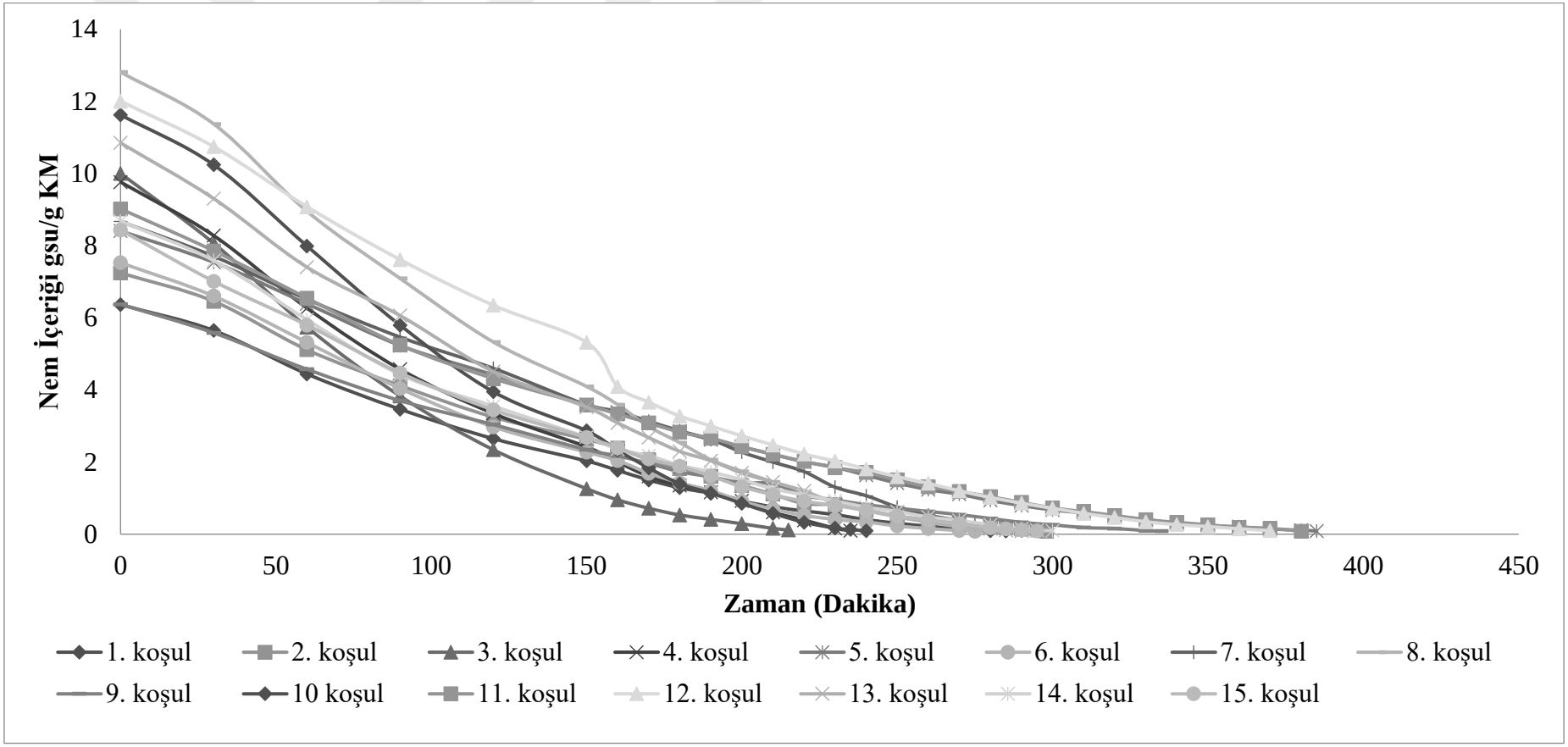


Şekil 4.1. Analiz Kapsamındaki *Rheum ribes* Örnekleri;

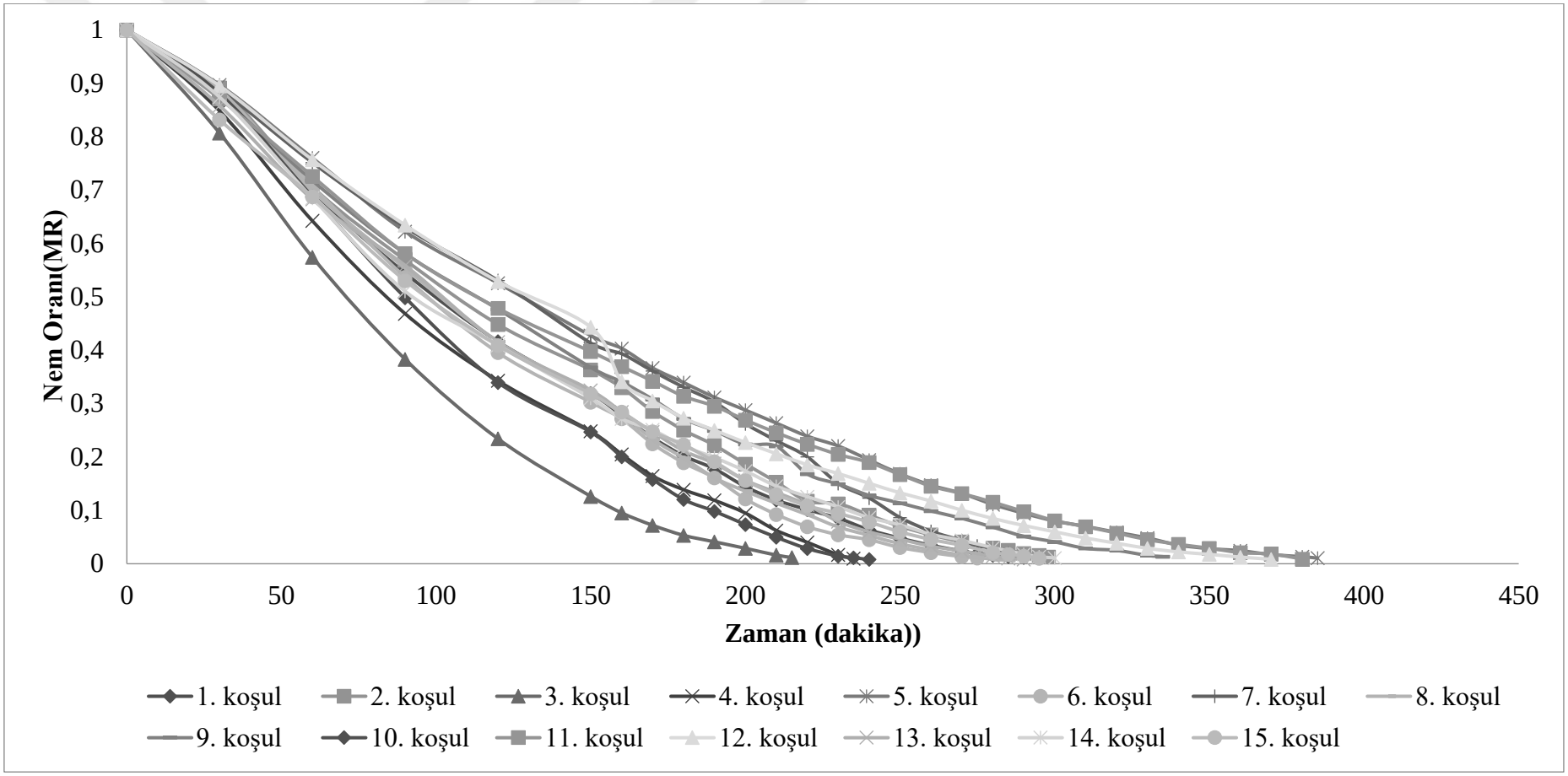
(a) Kurutma öncesi yaş *Rheum ribes*, **(b)** 60 °C %10 tuzlu-su 35 dk**, (c)** 60 °C %5 tuzlu-su 20 dk, **(d)** 70 °C %5 tuzlu-su 35 dk**, (e)**70 °C %5 tuzlu-su 5 dk**, (f)** 50 °C %5tuzlu-su 35 dk**, (g)** 60 °C %10 tuzlu-su 5 dk**, (h)** 70 °C su 20 dk, **(ı)** 60 °C su 35 dk**, (i)** 50 °C %10 tuzlu-su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

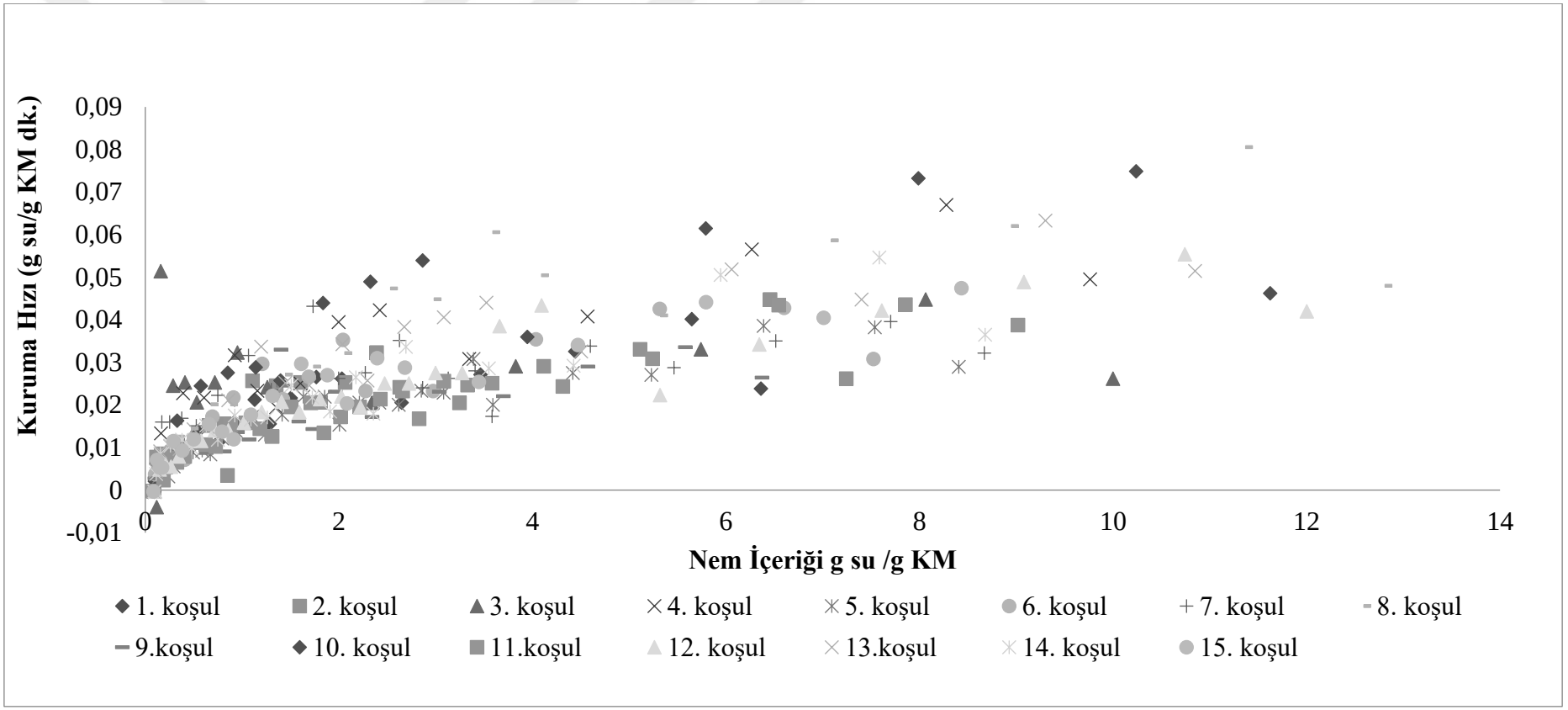
kuruma süresi %9,46 oranında azalmıştır. 1. ve 8. koşullarda 60 ℃ ve 35 dk parametrelerinde konsantrasyonun %0 dan %10 çıktığı durumda kuruma süresi değişmemiştir. 6. ve 13. ise aynı koşullarda 5 dakika muamele konsantrasyon artışıyla kuruma süresi %5,45 düşmüştür.7. ve 10. Koşullarda 70 ℃ kuruma sıcaklığında 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'da 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 örneklere 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.

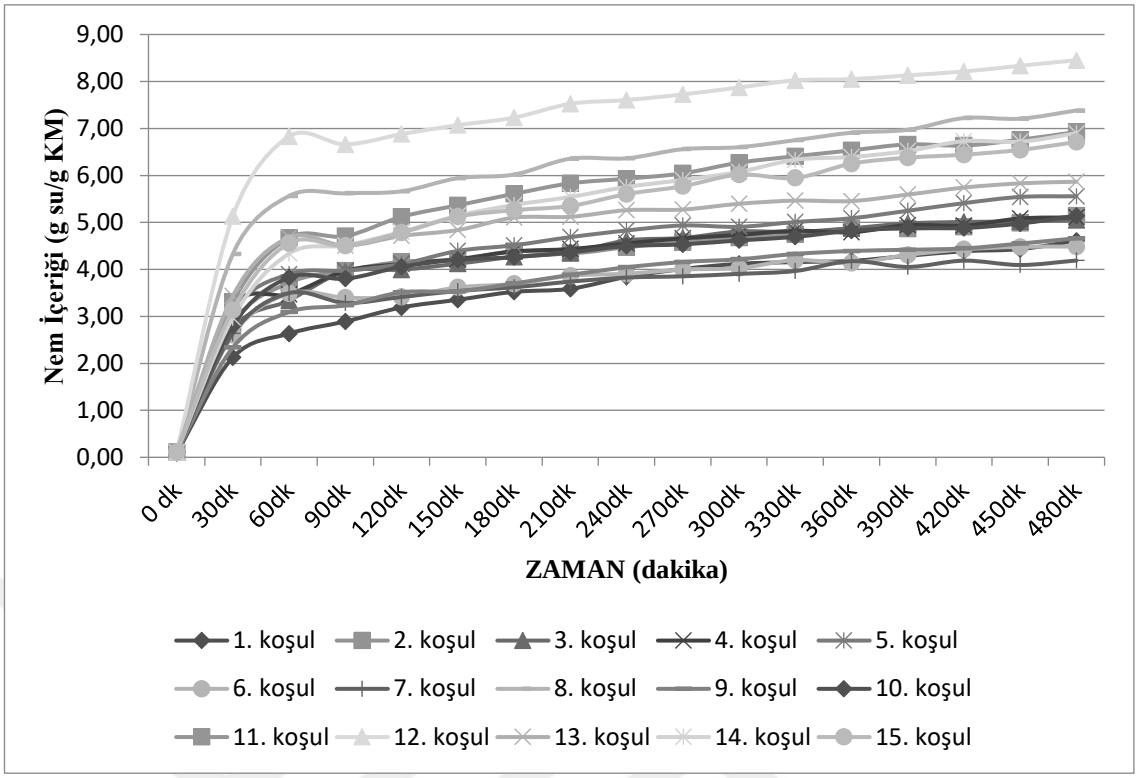


a **b**

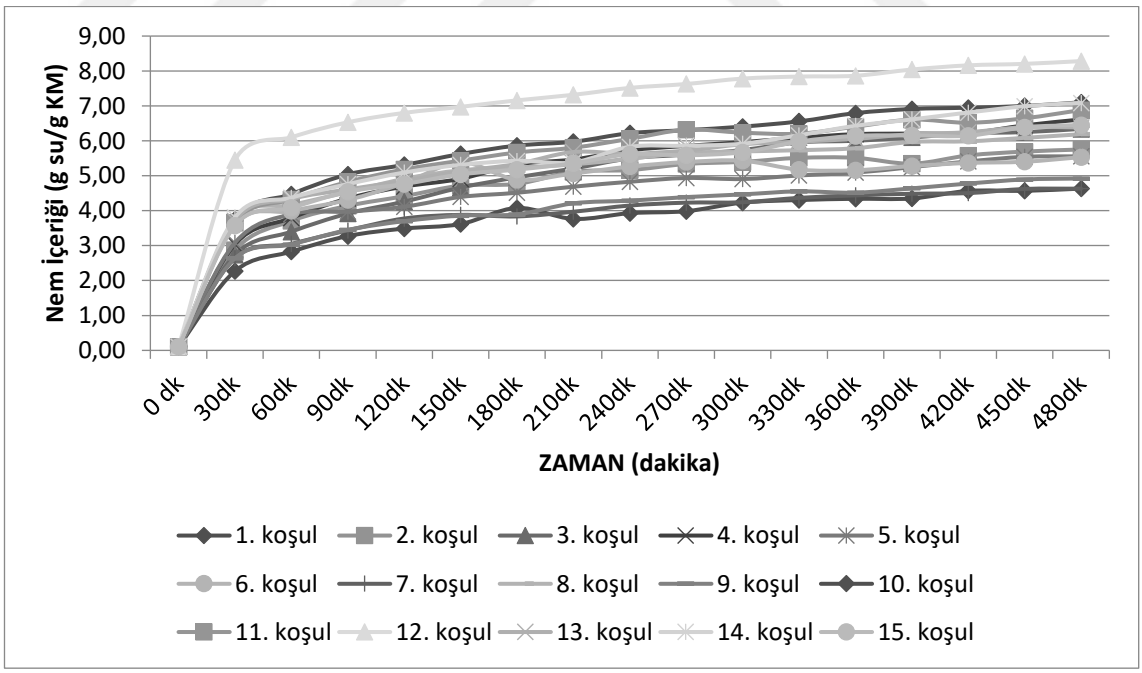
Şekil 4.5. Rehidrasyon Analizdeki *Rheum ribes* Örnekleri (a) Rehidrasyon Öncesi (b) Rehidrasyon Sonrası

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

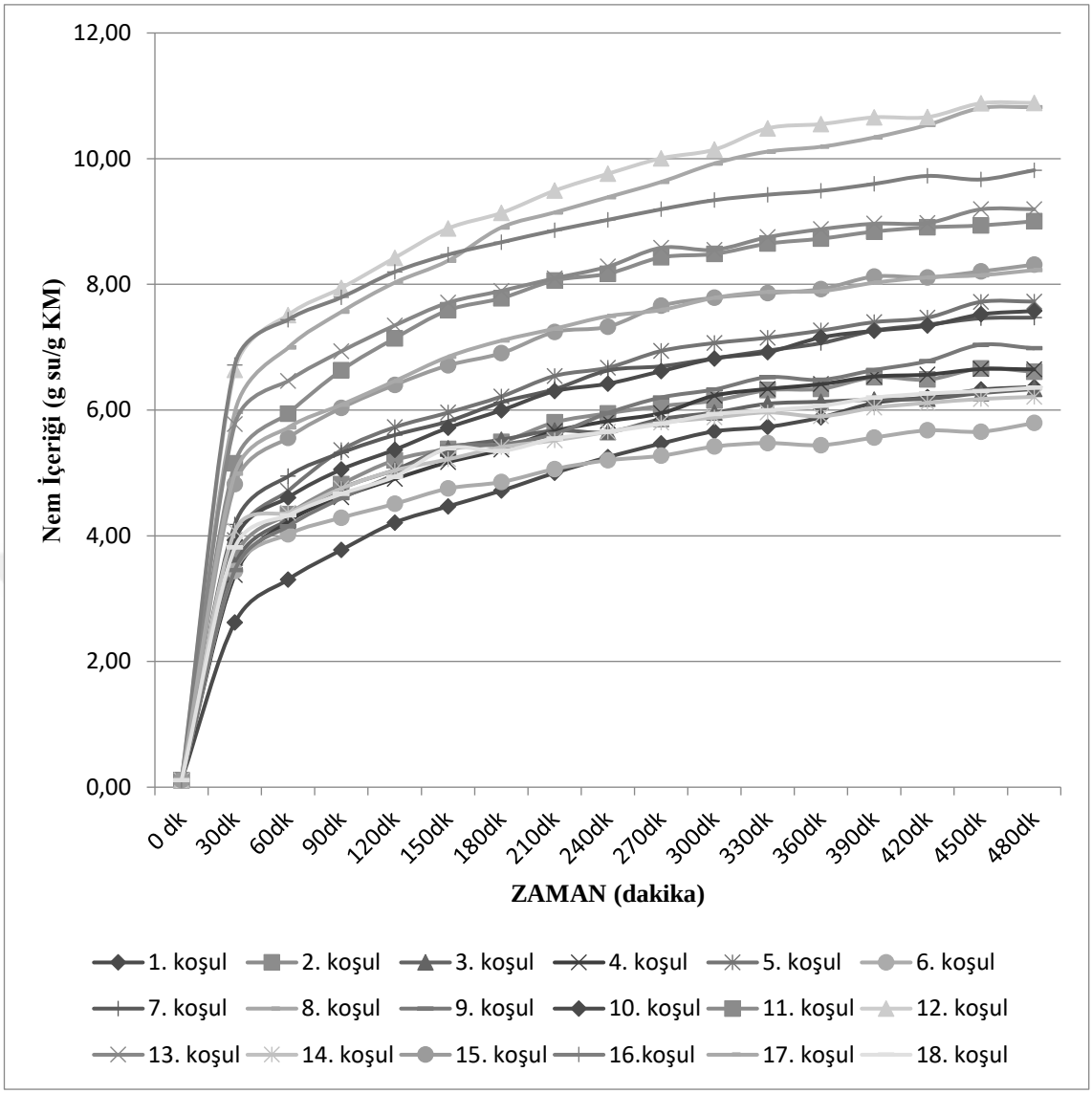
Bağımlı Değişkenler									
	30 ℃ MC	**45 ℃ MC**	**60 ℃ MC**	**30 ℃ RC**	**45 ℃ RC**	**60℃ RC**	**30 ℃ RR**	**45 ℃ RR**	**60 ℃ RR**
1. koşul	4,61	4,63	6,37	415,28	406,87	563,12	4,52	4,52	6,26
2. koşul	5,15	5,75	6,61	453,10	507,67	584,86	5,03	5,64	6,50
3. koşul	5,05	6,34	6,33	444,66	560,78	560,10	4,94	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

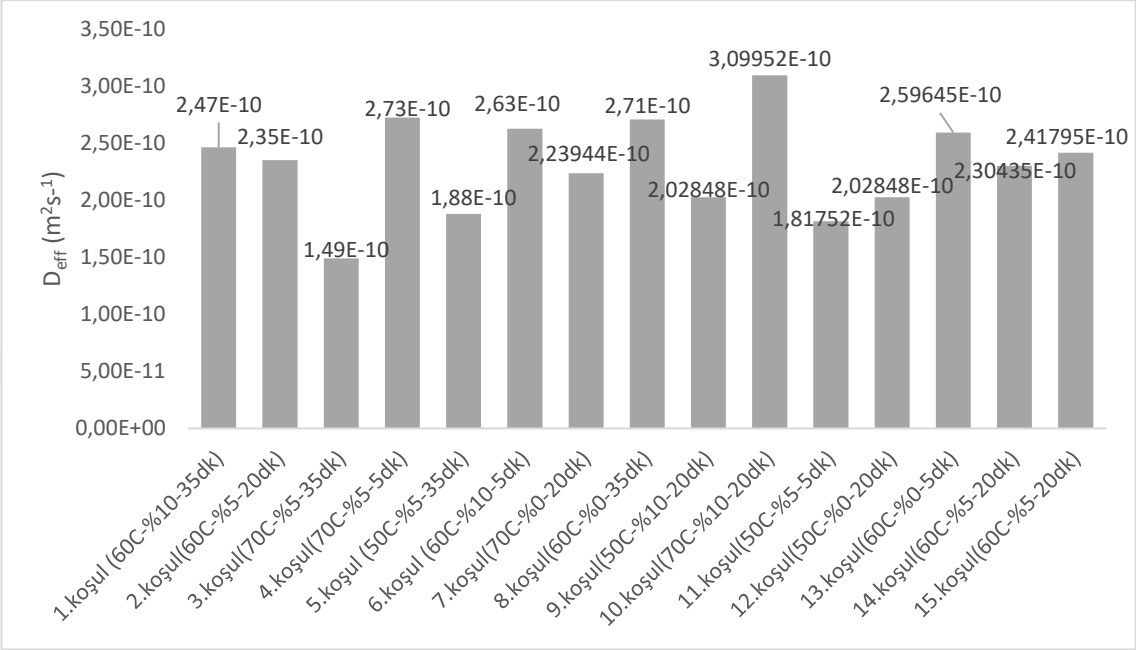


Şekil 4.8. 60 ˚C de gerçekleştirilen rehidrasyon analizi için nem içeriğinin zamana bağlı değişimi

4.4.Efektif Difüsite Değerleri

Işkın bitkisinin efektif difüsite değerleri 1,49x10^{-10} ile 3,10x10^{-10} m^2s^{-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* bitkisin literatürde 3 farklı sıcalıkta kabin tipi kurutucuda kuruma karakteristiği inceleyen çalışmada efektif difüsite değerleri 50 °C için 0,456 × 10^{-10} m^2s^{-1} ,60 °C için

0,684 × 10^{-10} m^2s^{-1} ve 70 °C 1,597 × 10^{-10} olarak raporlanmıştır (Sharifi ve diğerleri, 2020) Çalışma kapsamında elde edilen bu sonuçlar gıdalar için literatürde raporlanan aralık ile (10^{-12}-$10^{-8}$$m^2$ 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 (Akpinar, 2011) ve çeşitli önişlemler 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 içerinde 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 (Akpinar, 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	0,98602	0,005228	0,000634
		n=	1,560786067			
	MODİFİYE PAGE	**k=**	0,008006318	0,98602	0,005231	0,000635
		n=	1,5608			
	LOGARİTMİK	**k=**	0,0186	0,7867	0,099353	0,241842
		a=	2,885505208			
		b=	1,0597			
	LEWIS	**k=**	0,0118	0,958	0,021985	0,010658
	HENDERSON-PABIS	**k=**	0,0152	0,9053	0,056954	0,075289
		a=	2,084647967			
	TWO TERM EXP	**k=**	0,00907022	0,9053	0,015665	0,005696
		a=	0,675813898			
	WANG AND SING	**α=**	-0,0057	0,9765	0,005511	0,000705
		b=	0,000008			
	MODEL			**R^2**	**RMSE**	**X^2**
2.KOŞUL	PAGE	**k=**	0,000545613	0,981	0,006299	0,000999
		n=	1,537			
	MODİFİYE PAGE	**k=**	0,007543661	0,9788	0,006474	0,001056
		n=	1,5449			
	LOGARİTMİK	**k=**	0,0168	0,8199	0,084814	0,190264
		a=	2,728358101			
		b=	1,0037			
	LEWIS	**k=**	0,0111	0,9527	0,02185	0,011482
	HENDERSON-PABIS	**k=**	0,0145	0,8949	0,058157	0,085199
		a=	2,185402452			
	TWO TERM EXP	**k=**	0,008599891	0,8949	0,014411	0,005231
		a=	0,686067925			
	WANG AND SING	**α=**	-0,0054	0,985	0,47971	5,796863
		b=	0,00001			

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

	MODEL			**R^2**	**RMSE**	**X^2**
3.KOŞUL	PAGE	**k=**	0,001063915	0,9916	0,005876	0,000531
		n=	1,3877			
	MODİFİYE PAGE	**k=**	0,007203424	0,9916	0,005876	0,000531
		n=	1,3877			
	LOGARİTMİK	**k=**	0,0133	0,8858	0,033129	0,018549
		a=	1,27124915			
		b=	0,24			
	LEWIS	**k=**	0,0081	0,9809	0,016389	0,003783
	HENDERSON-PABIS	**k=**	0,0092	0,9474	0,019044	0,005572
		a=	1,215432524			
	TWO TERM EXP	**k=**	0,00594077	0,9474	0,04498	0,031084
		a=	0,548620872			
	WANG AND SING	**α=**	-0,0053	0,9409	0,004891	0,000367
		b=	0,00001			
	MODEL			**R^2**	**RMSE**	**X^2**
4.KOŞUL	PAGE	**k=**	0,000876915	0,9706	0,007221	0,000902
		n=	1,5066			
	MODİFİYE PAGE	**k=**	0,0093519	0,9706	0,007221	0,000902
		n=	1,5066			
	LOGARİTMİK	**k=**	0,0169	0,8093	0,058177	0,06346
		a=	1,804168823			
		b=	0,5901			
	LEWIS	**k=**	0,0134	0,9335	0,025816	0,010711
	HENDERSON-PABIS	**k=**	0,0168	0,8385	0,062366	0,067319
		a=	1,870115138			
	TWO TERM EXP	**k=**	0,010171786	0,8385	0,019606	0,006653
		a=	0,651627325			
	WANG AND SING	**α=**	-0,0067	0,9868	0,006441	0,000718
		b=	0,00001			

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

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

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

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

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

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

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

	MODEL			**R²**	**RMSE**	**X²**
11.KOŞUL	PAGE	**k=**	0,001202202	0,9776	0,004547	0,000644
		n=	1,3412			
	MODİFİYE PAGE	**k=**	0,006650105	0,9776	0,004547	0,000644
		n=	1,3412			
	LOGARİTMİK	**k=**	0,0117	0,8902	0,042134	0,057425
		a=	2,013148672			
		b=	0,6997			
	LEWIS	**k=**	0,0088	0,9594	0,014461	0,006281
	HENDERSON-PABIS	**k=**	0,0112	0,906	0,039044	0,047484
		a=	1,942352758			
	TWO TERM EXP	**k=**	0,006746436	0,906	0,013102	0,005347
		a=	0,660135924			
	WANG AND SING	**α=**	-0,005	0,9866	0,006423	0,001285
		b=	0,000006			
	MODEL			**R²**	**RMSE**	**X²**
12.KOŞUL	PAGE	**k=**	0,000565557	0,9875	0,003906	0,00046
		n=	1,4938			
	MODİFİYE PAGE	**k=**	0,006698819	0,9875	0,003906	0,00046
		n=	1,4938			
	LOGARİTMİK	**k=**	0,0135	0,8779	0,058505	0,107339
		a=	2,408008362			
		b=	0,8788			
	LEWIS	**k=**	0,0096	0,9606	0,018354	0,009781
	HENDERSON-PABIS	**k=**	0,0125	0,9203	0,047599	0,068319
		a=	2,150714258			
	TWO TERM EXP	**k=**	0,007428928	0,9203	0,013011	0,005105
		α=	0,68261165			
	WANG AND SING	**a=**	-0,0047	0,8909	0,00588	0,001042
		b=	0,000005			

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

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

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

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 istatiksel olarak anlamlı olarak ($p < 0,05$) ayrışmıştır. 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 istatiksel 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 önişlem uygulaması test edilerek kiraz domatesin uçucu bileşenler üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada her iki önişlemin domatesin aroma profilini önemli ölçüde değiştirdiği sonucuna varılmıştır (Heredia, Peinado, Rosa, Andrés ve Escriche, 2012). Görünüm kriterinin panelistlerce puanlanmasında yaş örnek, 1.koşul (60ºC-%10-35dk), 7. koşul (70ºC-%0-20dk) ve 10.koşul (70ºC-%10-20dk) istatiksel 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 önişlemlerin 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 (50ºC-%10-20dk) aynı grupta yer almaktadır. Bu sonucu enstrümantal renk analiz sonuçları da doğrulamaktadır (Çizelge 4.3.). En düşük renk puanı 4. koşul (70ºC-%5-5dk) sağlamıştır.

Çizelge 4.3. Işkın Bitkisine Ait Duyusal Analiz Sonuçları

	Renk		**Görünüm**		**Koku**		**Tat**		**Genel Beğeni**	
1	6,50	$\pm1,51^{bf}$	5,80	$\pm2,15^{b}$	6,00	$\pm2,54^{a}$	5,50	$\pm1,65^{b}$	5,60	$\pm2,01^{b}$
2	6,10	$\pm1,60^{bf}$	5,40	$\pm1,51^{bc}$	6,10	$\pm2,47^{a}$	5,70	$\pm1,64^{b}$	5,50	$\pm1,72^{b}$
3	5,00	$\pm0,94^{fg}$	4,30	$\pm1,16^{bc}$	5,60	$\pm2,17^{a}$	4,70	$\pm1,70^{b}$	4,80	$\pm1,40^{b}$
4	4,40	$\pm1,43^{g}$	4,10	$\pm1,20^{bc}$	5,90	$\pm1,91^{a}$	4,50	$\pm1,35^{b}$	4,70	$\pm0,95^{b}$
5	6,30	$\pm1,70^{bf}$	4,50	$\pm1,78^{bc}$	6,20	$\pm2,30^{a}$	5,70	$\pm1,89^{b}$	5,70	$\pm1,83^{b}$
6	5,90	$\pm1,66^{bf}$	4,50	$\pm1,08^{bc}$	5,80	$\pm2,30^{a}$	4,40	$\pm1,58^{b}$	4,80	$\pm1,68^{b}$
7	5,30	$\pm1,16^{fg}$	3,70	$\pm1,42^{c}$	6,10	$\pm2,38^{a}$	4,40	$\pm1,17^{b}$	5,00	$\pm1,41^{b}$
8	5,40	$\pm0,84^{cg}$	4,50	$\pm1,58^{bc}$	5,80	$\pm2,30^{a}$	5,10	$\pm1,73^{b}$	5,40	$\pm1,58^{b}$
9	7,10	$\pm1,37^{a}$	4,80	$\pm1,75^{bc}$	6,20	$\pm2,30^{a}$	5,30	$\pm1,77^{b}$	5,20	$\pm1,62^{b}$
10	5,60	$\pm1,58^{bg}$	3,80	$\pm1,14^{c}$	5,60	$\pm2,17^{a}$	5,20	$\pm1,93^{b}$	5,20	$\pm1,32^{b}$
11	6,80	$\pm1,55^{bd}$	5,10	$\pm1,97^{bc}$	6,40	$\pm2,50^{a}$	5,40	$\pm1,95^{b}$	5,80	$\pm2,20^{b}$
12	6,00	$\pm1,56^{bf}$	4,80	$\pm1,55^{bc}$	5,80	$\pm2,20^{a}$	5,30	$\pm2,11^{b}$	5,50	$\pm2,01^{b}$
13	5,10	$\pm1,45^{eg}$	4,20	$\pm1,62^{bc}$	5,60	$\pm2,32^{a}$	5,10	$\pm1,53^{b}$	5,00	$\pm1,94^{b}$
14	6,60	$\pm1,65^{be}$	4,60	$\pm1,78^{bc}$	6,20	$\pm2,35^{a}$	5,70	$\pm1,83^{b}$	5,60	$\pm1,58^{b}$
15	6,90	$\pm1,60^{bc}$	5,10	$\pm2,33^{bc}$	6,20	$\pm2,44^{a}$	5,60	$\pm1,58^{b}$	5,80	$\pm1,81^{b}$
Yaş	**8,30**	**$\pm0,82^{a}$**	**7,90**	**$\pm1,37^{a}$**	**7,20**	**$\pm1,99^{a}$**	**7,70**	**$\pm1,49^{a}$**	**7,70**	**$\pm1,57^{a}$**

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 ±40,29 mg GAE/g KM olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.4.). Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş ürünlerde fenolik madde miktarı 40,92 ±2,99 ila 60,93 ±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 ℃-%10-35dk) ve 13. koşulda (60 ℃ -%0-5dk) 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 konsantrasyonun 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 çalışmasında Erzincan bölgesinden toplanan örneklerin metanol ekstraklarının Folin-Ciocalteu yöntemiyle belirlenen toplam fenolik madde içeriği gövde 1969,03±6,38 yaprak 1840,96±5,24 ve çiçek 2100,96±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 (sarılık), 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 (sarılık), 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 tabi 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 önişlemlerin 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 işlemi 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	±4,07^{bc}	13,63	±2,09^{ab}	98,07	±1,95^{a}
2.koşul	15,24	±4,56^{ab}	13,77	±2,16^{ab}	96,47	±4,42^{ab}
3.koşul	10,49	±3,13^{df}	11,34	±1,51^{cd}	89,74	±2,16^{df}
4.koşul	8,19	±2,37^{f}	11,07	±1,70^{cd}	87,94	±4,44^{ef}
5.koşul	10,65	±2,59^{df}	11,14	±0,84^{cd}	97,38	±2,82^{a}
6.koşul	10,71	±2,95^{df}	11,56	±1,13^{cd}	92,74	±4,16^{cb}
7.koşul	9,44	±1,55^{ef}	10,38	±1,51^{d}	87,28	±2,59^{f}
8.koşul	11,21	±2,77^{ce}	11,70	±1,46^{cd}	90,75	±4,20^{de}
9.koşul	17,12	±3,74^{a}	14,64	±1,15^{a}	98,93	±3,43^{a}
10.koşul	9,78	±2,54^{df}	11,34	±1,37^{cd}	90,59	±4,21^{de}
11.koşul	12,47	±2,87^{cd}	11,83	±1,47^{c}	97,54	±5,50^{a}
12.koşul	10,76	±3,07^{df}	10,97	±1,36^{cd}	91,29	±3,03^{cb}
13.koşul	9,96	±2,86^{df}	11,39	±1,12^{cd}	89,72	±1,77^{df}
14.koşul	12,23	±3,70^{ce}	13,06	±1,11^{b}	96,15	±3,26^{ab}
15.koşul	15,63	±3,15^{ab}	14,13	±1,18^{ab}	94,07	±3,83^{bc}
Yaş örnek	-		12,21	±2,48	119,27	±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 bulundurularak 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 ayrımını sağlamaktadır. Bütün modellerde bu değerin 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 istatistiki 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.

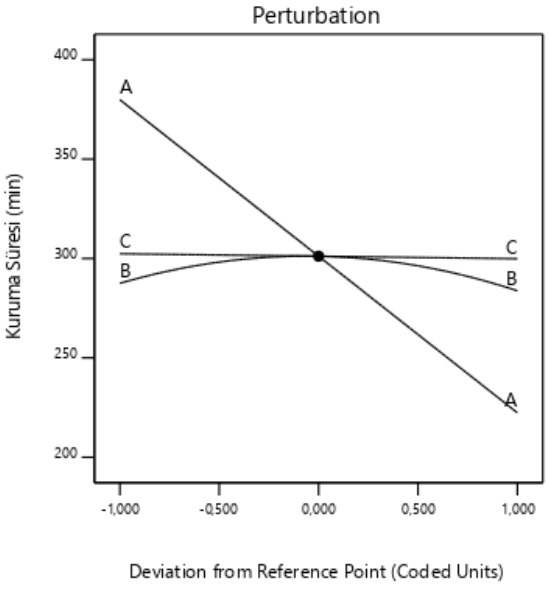
Çizelge 4.7. Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri

	Kuruma Süresi	**Toplam Kuruma Hızı**	**Nem Oranı**
$\mathbf{X_0}$	301,14	0,0628	0,123719
$\mathbf{X_1}$	-78,75	0,014021	-0,09098
$\mathbf{X_2}$	-1,87	-0,00068	-0,00352
$\mathbf{X_3}$	-1,25	0,000109	5,24E-05
$\mathbf{X_1X_2}$	31,25	-0,0022	-0,0386
$\mathbf{X_1X_3}$	-6,25	0,00336	-0,0109
$\mathbf{X_2X_3}$	3,75	-0,00394	0,0126
$\mathbf{X_1^2}$	6,79	0,0004	0,0318
$\mathbf{X_2^2}$	-15,52	0,003915	-0,02837
$\mathbf{X_3^2}$	-0,7083	0,0011	-0,0204
$\mathbf{R^2}$	0,9871	0,9479	0,9717
Adj. R^2	0,9779	0,9248	0,9474
Pre. R^2	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.

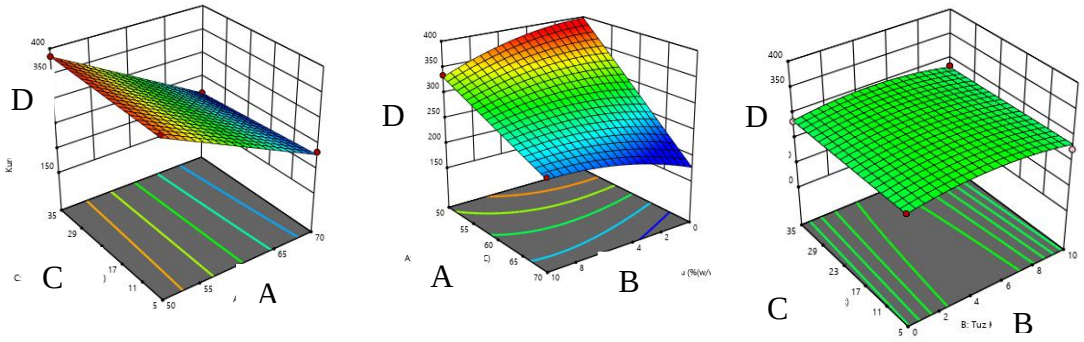
$$Y=301,143-78,75X_1-1,875X_2-1,25X_3+31,25X_1X_2-15,5179X_2^2 \quad (12)$$

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



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

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 istatiksel 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 artışında süre kısalmaktadır. Tuz konsantrasyonunun quadratik etkisi de süre ile negatif ilişkidedir. 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

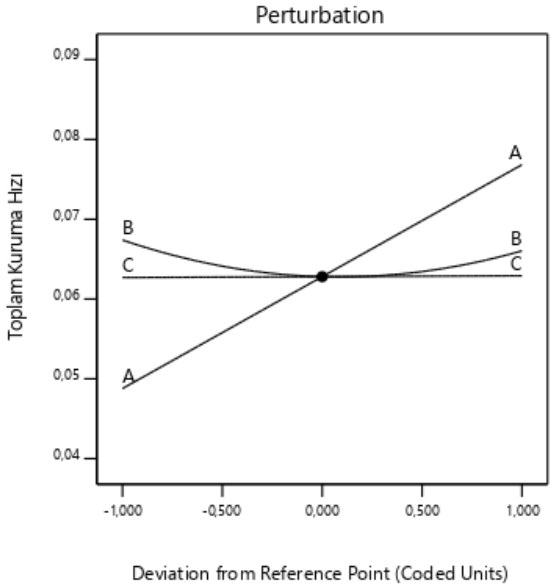
	Hata Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Hata Karesi	F-değeri	p- değeri
Model	30191,91	5	6038,38	107,05	< 0.0001
X_1	24806,25	1	24806,25	439,76	< 0.0001
X_2	18,75	1	18,75	0,3324	0,5823
X_3	12,50	1	12,50	0,2216	0,6521
X_1X_2	1302,08	1	1302,08	23,08	0,0020
X_1X_3	156,25	1	156,25	3,93	0,0947
X_2X_3	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.

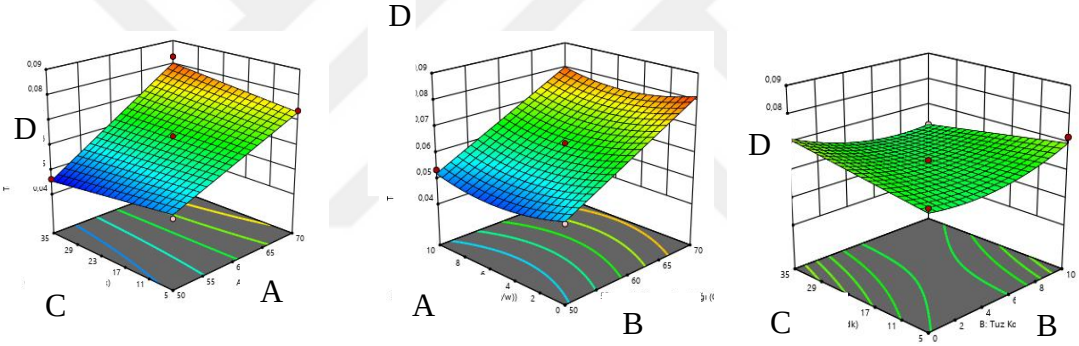
$$Y= 0,063+ 0,014X_1 -0,001X_2 + 0,00011X3 + 0,003X_1X_3 -0,004\ X_2X_3 +0,004X_2^2 \quad (13)$$

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 konsantrasyonun 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.

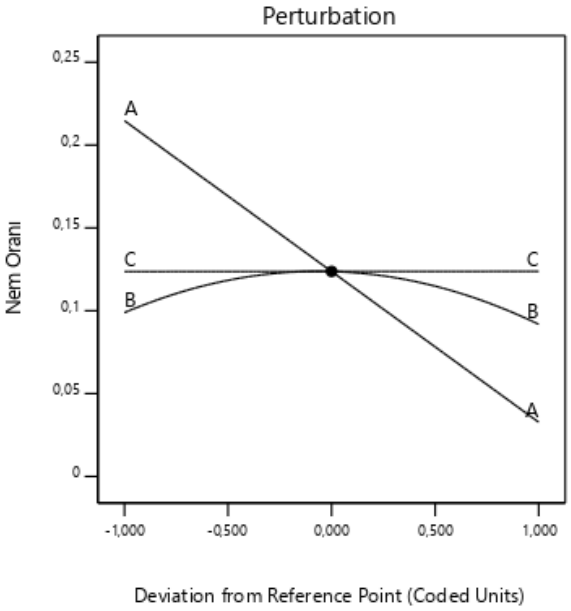
$$Y= 0,123719-0,0909814X_1-0,00351643X_2 + 0,0000523\ X_3 -0,028X_2^2 \qquad (14)$$

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_1X_2	9,322E-06	1	9,322E-06	1,56	0,2798
X_1X_3	0,0000	1	0,0000	7,49	0,0290
X_2X_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			

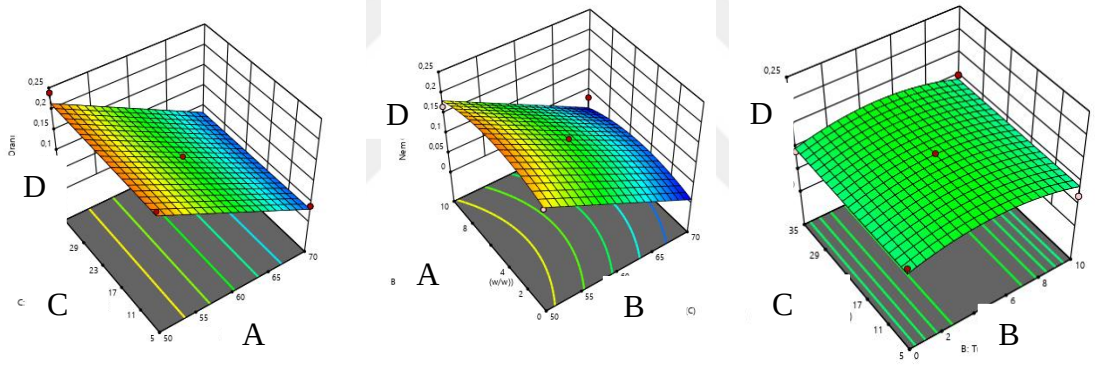
Nem oranı için elde edilen modelin p-değerinin 0,0001'den büyük olması anlamlı olduğunu göstermektedir. Gürültü nedeniyle F-değerinin 40,96 oluşma ihtimali %0,01'dir.Uyumsuzluk önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.10).

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 konsantrasyonun 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_1X_2	0,0060	1	0,0060	2,20	0,1978
X_1X_3	0,0005	1	0,0005	0,1740	0,6939
X_2X_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 gözlemlemek 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.

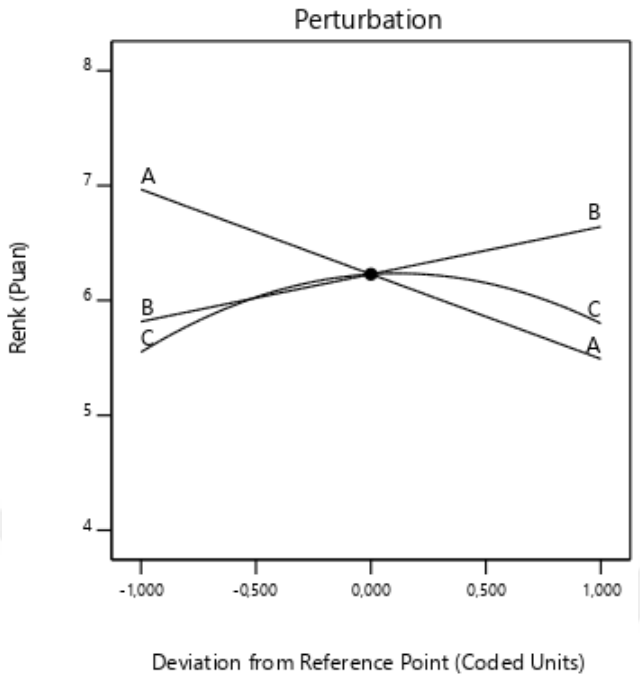
Çizelge 4.11. Duyusal Parametreler İçin Model Katsayıları ve Uygunluğunun Test Edilmesinde Kullanılan İstatistik Değerleri

	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_1X_2	-0,2000	-0,1375	-0,0500	0,0250	0,125
X_1X_3	0,2750	0,398047	-0,0250	0,2000	0,40125
X_2X_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 (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) 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.

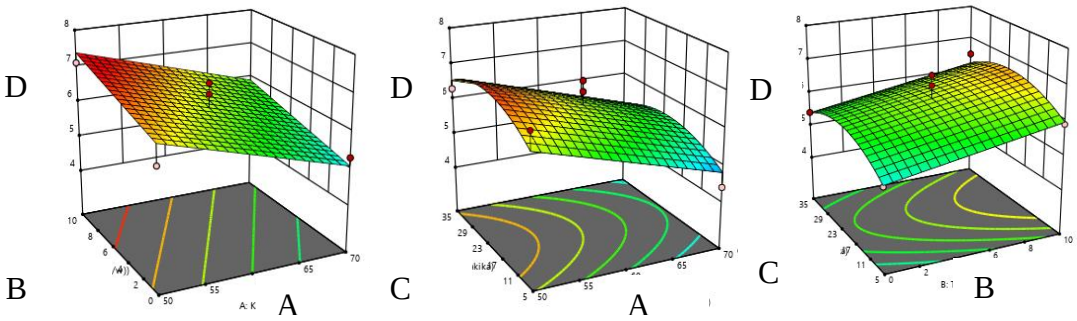
X_1, X_2 ve X_3^2 değerleri model için 0,05 seviyesinde önemlidir. X_3 modele hiyerarşiyi korumak için eklenmiştir. Duyusal analiz kapsamında incelenen renk kriterinin yanıtına ait eşitlik 15'te verilen model istatistiksel anlamda önemlidir. F-değerinin gürültü sebebiyle 10,20 olarak bulunması ihtimali %0,15'tir (Çizelge 4.15.). Kurutma sıcaklığının renk kriteri üzerinde negatif etkisi ortaya konulmuştur. Tuz konsantrasyonu ise pozitif etkiye sahiptir. Muamele süresinin quadratik 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



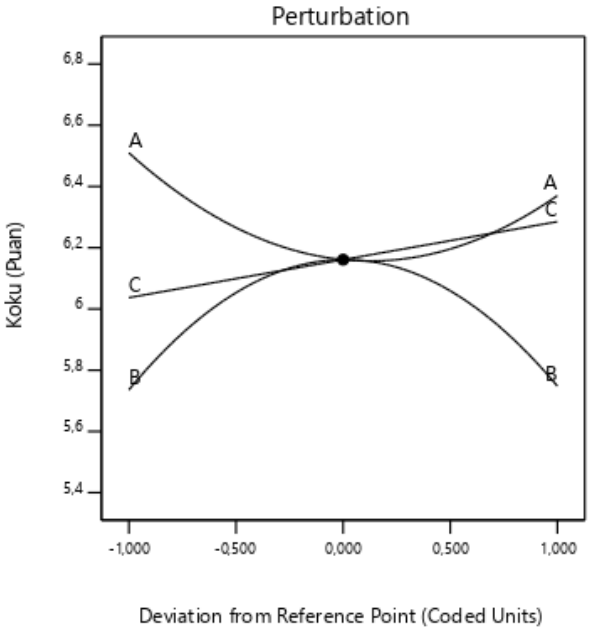
Şekil 4.17. Duyusal Analiz İçin (Renk) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Duyusal Analiz-Renk)

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_1X_2	0,1600	1	0,1600	1,11	0,3398
X_1X_3	0,3025	1	0,3025	2,10	0,2067
X_2X_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			

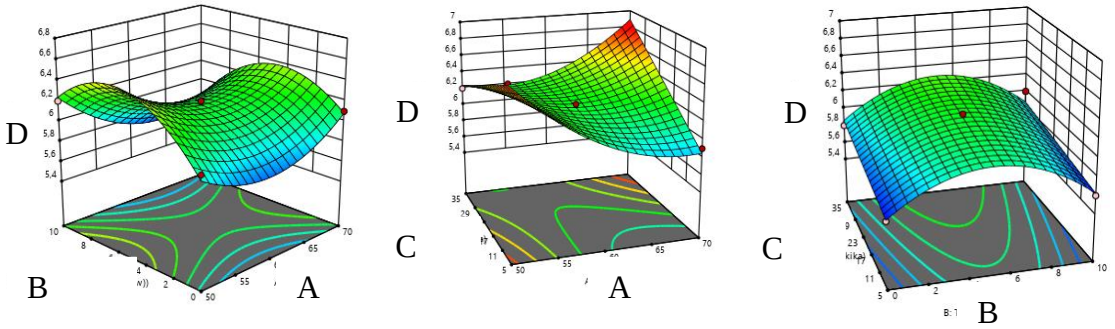
Rheum ribes örneklerinin duyusal analiz (Koku) kriterinin puanlaması panelistlerce ortalama 5,6-7,2 aralığında puanlanmıştır (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Koku) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (16) 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. X_3, X_1X_2, X_1X_3, X_1^2 ve X_2^2 model için 0,05 düzeyinde önemlidir. X_1 ve X_2 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 konsantrasyonun quadratik etkisi koku parametresi ile ters orantılıdır. Sıcaklığın quadratik etkisi arttıkça koku puanlamasında artış gözlemlenmiştir. Model istatiksel anlamda önemlidir. F değerinin gürültü sebebiyle 20,54 olarak bulunması ihtimali % 0,09'dur (Çizelge 4.13.). X_1^2 ve X_1 karşılaştırılmasında yüksek p-değerine sahip quadratik form penturbasyon 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



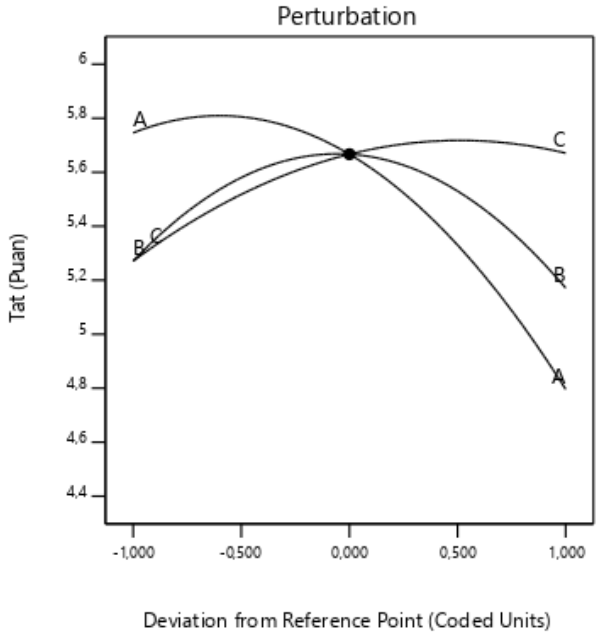
Şekil 4.19. Duyusal Analiz İçin (Koku) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D:Duyusal Analiz (koku))

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_1X_2	0,0756	1	0,0756	9,18	0,0231
X_1X_3	0,3497	1	0,3497	42,47	0,0006
X_2X_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			

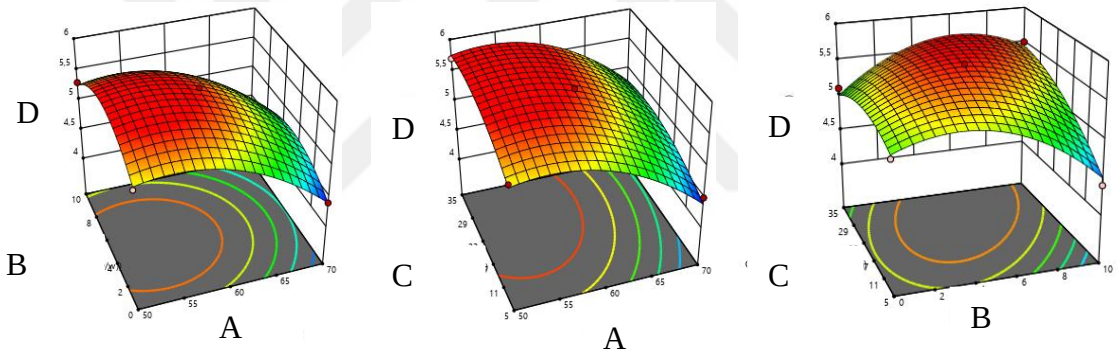
Panalistler tarafından *Rheum ribes* örneklerinin duyusal analizde tat kriteri ortalama 4,4-7,2 aralığında puanlandırılmıştır (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Tat) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (17) 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. X_1, X_3, X_2X_3, X_1^2 ,X_2^2 ve X_3^2 katsayıların p-değeri 0,05'ten küçüktür (Çizelge 4.14). Bu katsayılar model için önemlidir. X_2 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



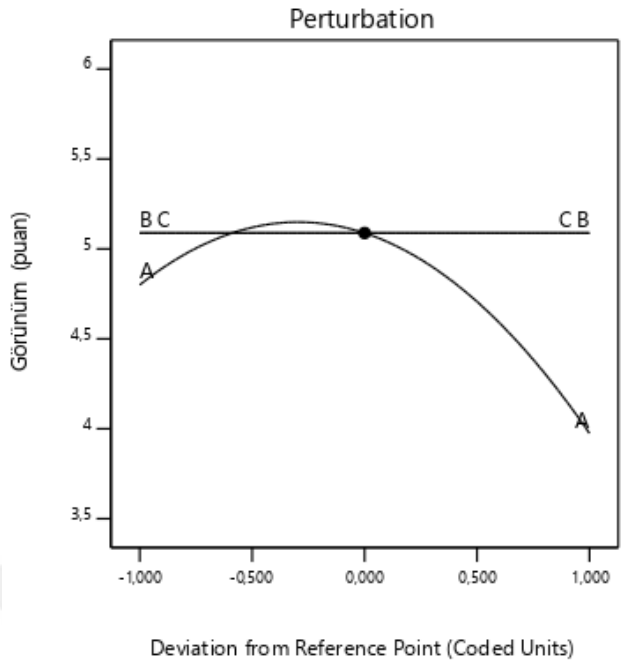
Şekil 4.21. Duyusal Analiz İçin (Tat) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi ,D: Duyusal Analiz (Tat))

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_1X_2	0,0050	1	0,0050	0,3692	0,5762
X_1X_3	0,0025	1	0,0025	0,1846	0,6896
X_2X_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			

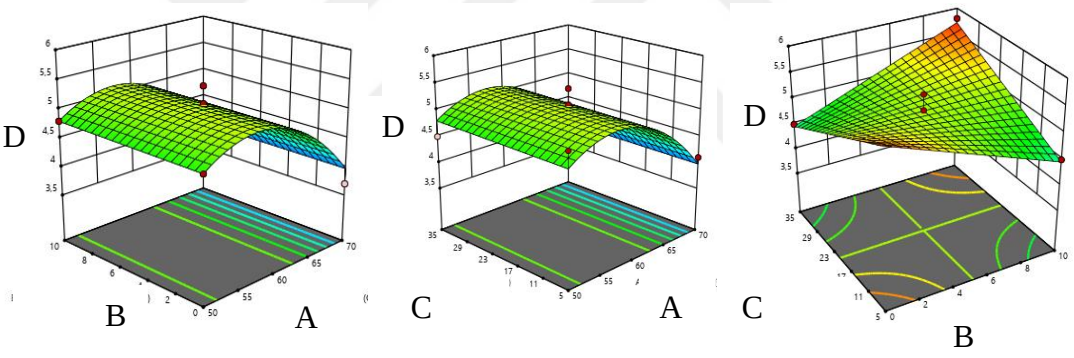
Rheum ribes örneklerinin duyusal analizinde görünüm kriterinin puanlaması panelistler tarafından ortalama olarak 3,7-7,9 aralığında değerlendirilmiştir (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Görünüm) üzerine etkisini 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. X_1, X_2X_3 ve X_1^2 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



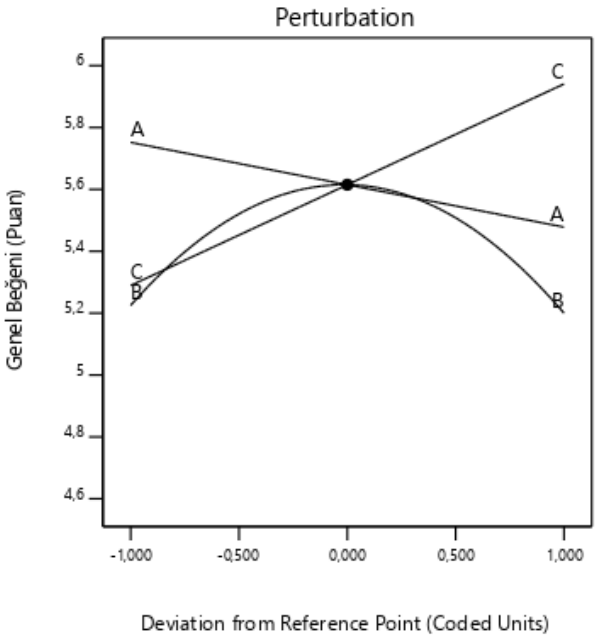
Şekil 4.23. Duyusal Analiz İçin (Görünüm) Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi)

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_1X_2	0,0025	1	0,0025	0,0103	0,9230
X_1X_3	0,1600	1	0,1600	0,6616	0,4530
X_2X_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			

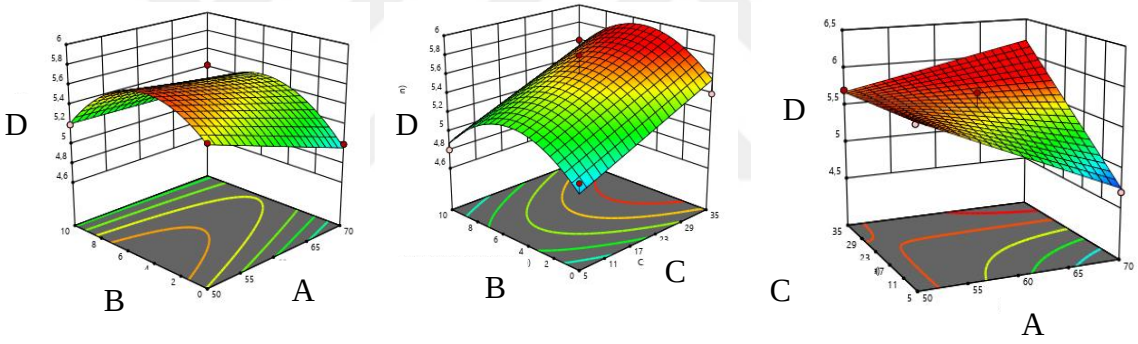
Rheum ribes örneklerinin duyusal analiz (Genel Beğeni) kriterinin puanlaması panelistler tarafından ortalama olarak 4,7-7,7 puan aralığında yapılmıştır (Çizelge 4.3.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin duyusal analiz (Genel Beğeni) üzerine etkisini ortaya koyan denklem (19) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin duyusal analiz (Genel Beğeni) üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.24'te ve kontur grafiği Şekil 4.25'de görülmektedir. X_1, X_3, X_1X_3 ve X_2^2 katsayılarının 0,05 seviyesinde model için önemlidir. X_2 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_1X_2	0,0625	1	0,0625	4,50	0,0717
X_1X_3	0,3788	1	0,3788	27,25	0,0012
X_2X_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

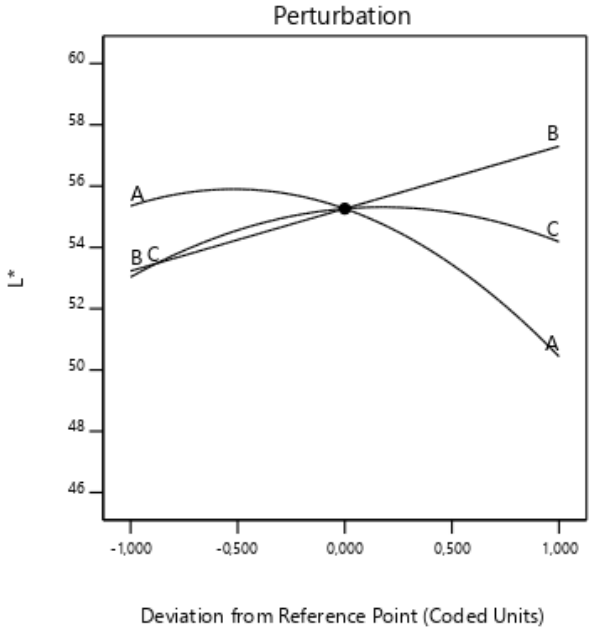
Renk analizinde 15 koşulun kurutma örneklerinin 12 noktasından ölçüm yapılmış ve sonuçların ortalamaları modellemeye dahil edilmiştir. Renk analizi verileri için modelde kullanılan katsayılar ve model uygunluğunun analiz edilmesinde kullanılan istatistik değerleri Çizelge 4.17'de verilmiştir. Renk değerlerinde 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 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.

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_1X_2	-1,71125	-0,34083	-0,0779	-1,51	-0,6765	-1,0844
X_1X_3	1,46438	0,1429	0,2333	0,0061	-0,5279	0,5012
X_2X_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

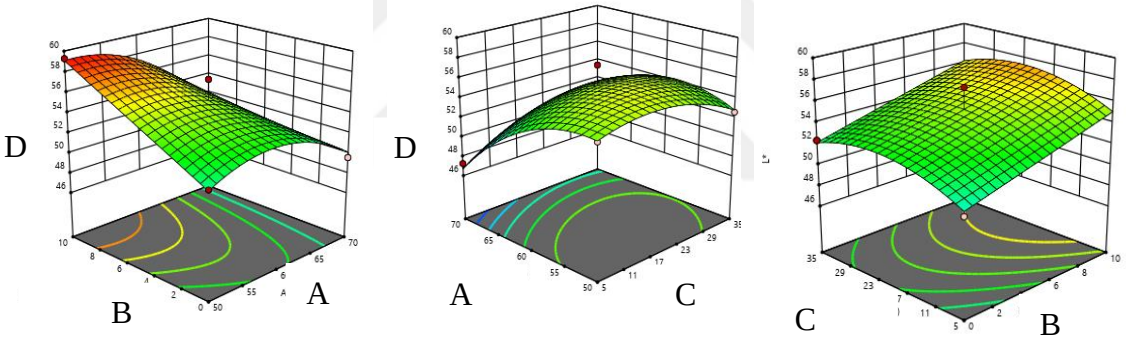
Rheum ribes örneklerinin L* değeri 59,29±3,84 ile 47,28±3,38 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.5.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin L* üzerine etkisini ortaya koyan denklem (20) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin L* üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.26'de, kontur grafiği Şekil 4.27'de görülmektedir. X_1, X_2, X_1X_2 ve X_1^2 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 konsantrasyonun 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



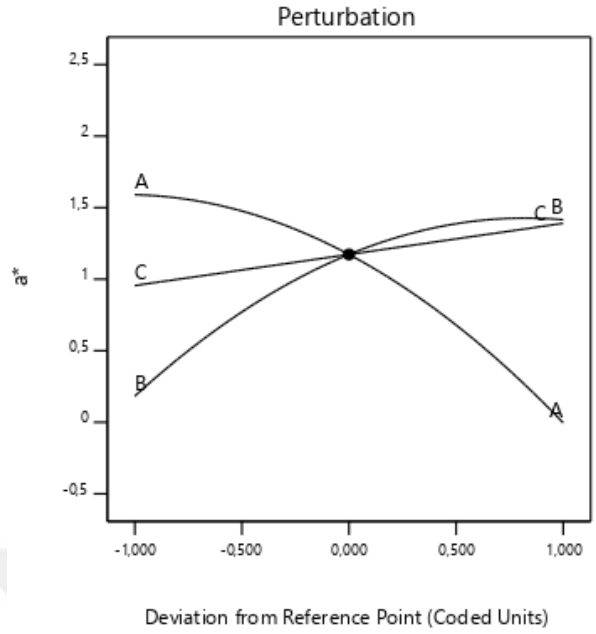
Şekil 4.27. L* Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: L* Değeri)

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_1X_2	11,71	1	11,71	7,71	0,0390
X_1X_3	8,58	1	8,58	5,65	0,0635
X_2X_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			

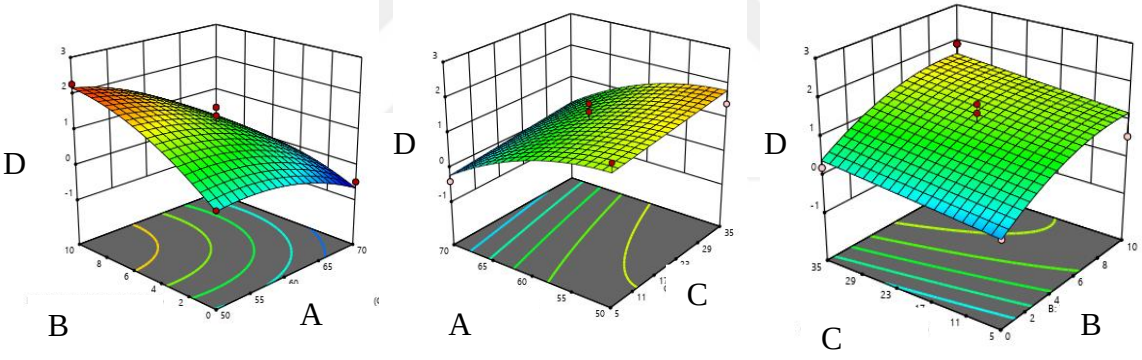
Rheum ribes örneklerinin a* değerleri 0,27±0,222 ile 2,7±0,87 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.5.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin a* üzerine etkisini ortaya koyan denklem (21) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin a* değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.28'te ve kontur grafiği Şekil 4.29.'te görülmektedir. X_1 ve X_2 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 konsantrasyonun artışı ise a* değeri üzerinde olumlu etkiye sebebiyet vermiştir.

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



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



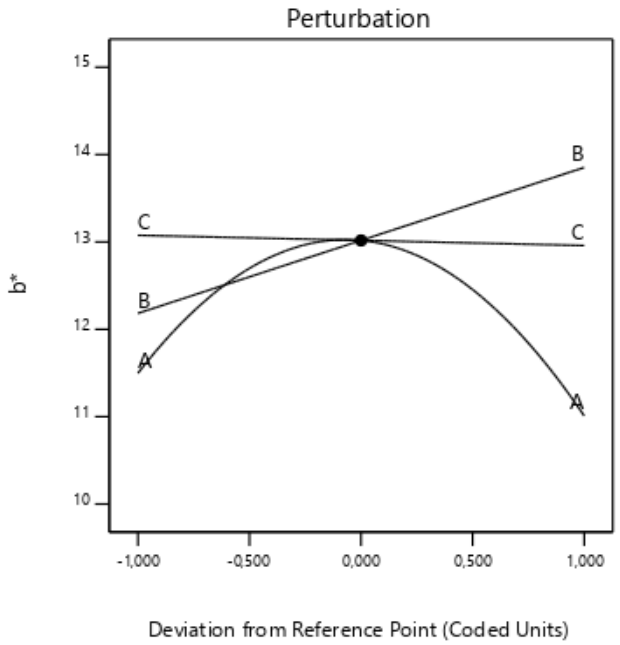
Şekil 4.29 a* Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi

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_1X_2	0,4647	1	0,4647	3,04	0,1192
X_1X_3	0,0817	1	0,0817	0,8038	0,4110
X_2X_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			

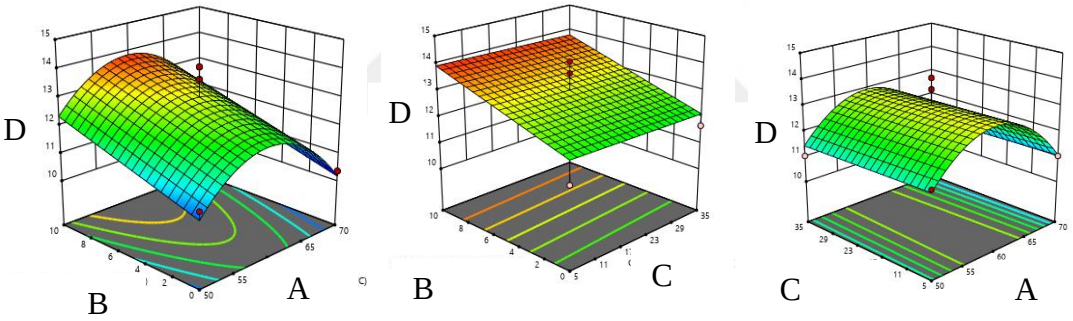
Rheum ribes örneklerinin b***** değeri 10,36±1,51 ile 14,43±1,15 arasında yer almıştır (Çizelge 4.5.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin b* değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (14) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin b* değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.26'da, kontur grafiği Şekil 4.27'de görülmektedir. X_2 ve X_1^2 değerleri model açısından istatistiki anlamda $p<0,05$ seviyesinde önemlidir (Çizelge 4.20). X_1 ve X_3 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)

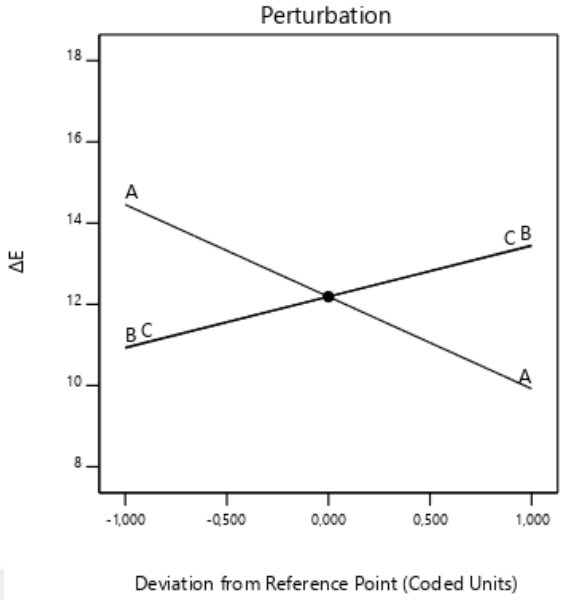
Çizelge 4.20. b* Değerinin Yanıtına Ait ANOVA Tablosu ve Model Parametreleri

	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_1X_2	0,0104	1	0,0104	0,0279	0,8780
X_1X_3	0,2178	1	0,2178	0,5835	0,5005
X_2X_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±2,37 ile 17,12±3,74 arasında yer almıştır (Çizelge 4.6.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) 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.

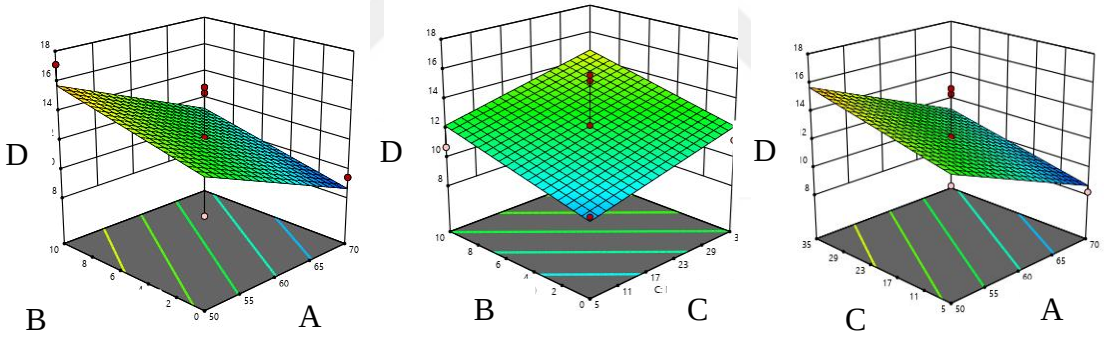
ΔE değerine ait elde edilen model varyasyonu istenilen düzeyde açıklayamamaktadır. Modeli istatistiki açıdan sıcaklık negatif ilişkide etkilemektedir.

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



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



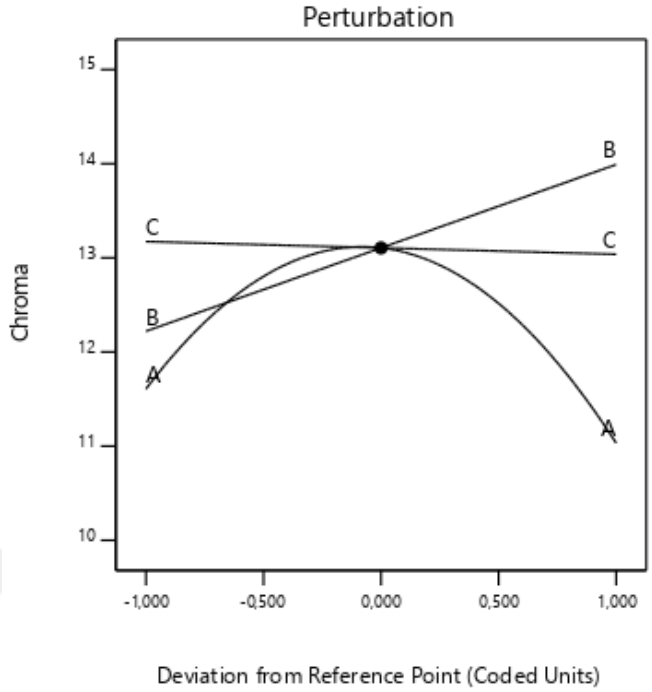
Şekil 4.33. ΔE Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: ΔE Değeri)

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_1X_2	9,07	1	9,07	4,40	0,1039
X_1X_3	0,0001	1	0,0001	0,0000	0,9955
X_2X_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			

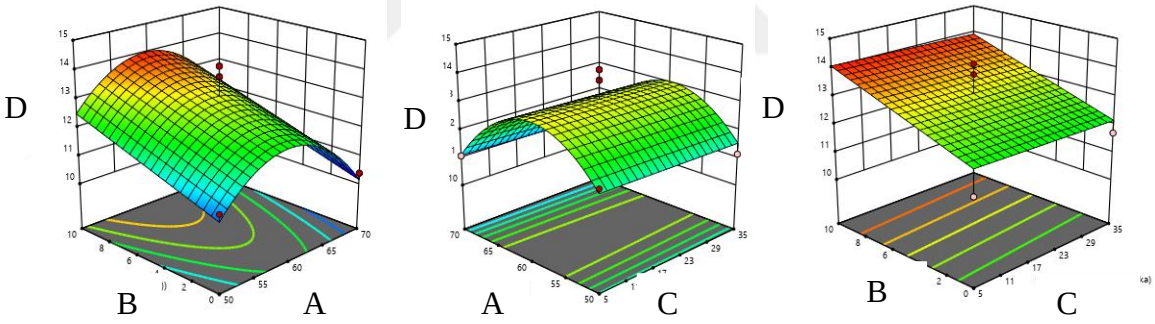
Rheum ribes örneklerinin chroma değerleri 10,38±1,51 ile 14,64±1,15 aralığında elde edilmiştir (Çizelge 4.6.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin chroma değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (24) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin chroma değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.34'de, kontur grafiği Şekil 4.35'de görülmektedir. X_2 ve X_1^2 değerleri model için 0,05 seviyesinde önemlidir.Diğer katsayılar hiyerarşiye korumak için eklenmiştir (Çizelge 4.22).Tuz konsantrasyonu chroma değeri ile pozitif ilişkidedir. Sıcaklığın quadratik etkisi ise chroma değerinde azalışa sebebiyet vermektedir.

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



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

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



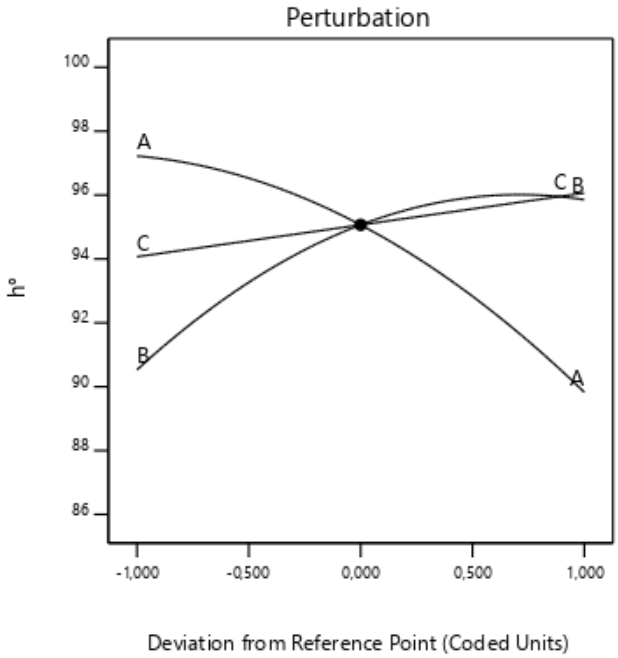
Şekil 4.35. Chroma Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: Chroma Değeri)

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_1X_2	1,83	1	1,83	5,22	0,0844
X_1X_3	0,5574	1	0,5574	1,59	0,2759
X_2X_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			

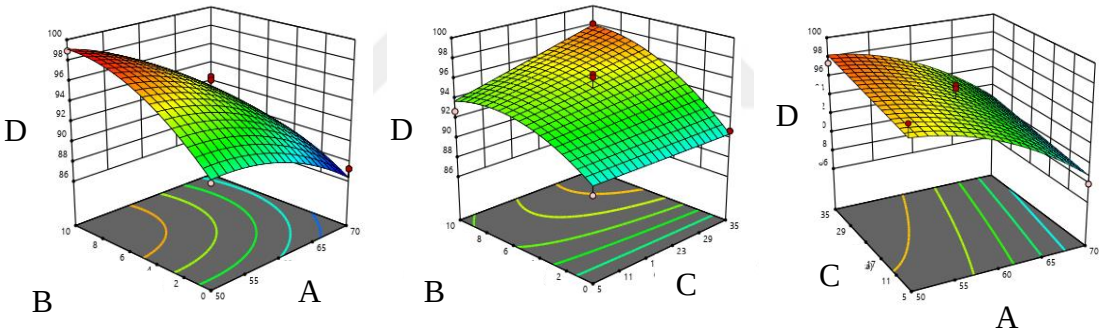
Rheum ribes örneklerinin hue değeri 87,28 ±2,59 ile 98,93±3,43 arasında değerler almıştır (Çizelge 4.6.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin hue değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (25) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin hue değeri üzerine olan etkilerini gösteren pertürbasyon grafiği Şekil 4.36'de, kontur grafiği Şekil 4.37'de görülmektedir. X_1, X_2 ve X_2^2 değerleri istatistiki açıdan 0,05 seviyesinde önemlidir (Çizelge 4.23). Sıcaklık h° değeri ile ters orantıdadır. Tuz konsantrasyonun lineer ve quadratik etkisi ise hue değeri üzerinde pozitif etki yaratmaktadır.

$$Y= 95,0664 -3,69815\ X_1 + 2,66242\ X_2 + 0,997915\ X_3 -1,0844\ X_1X_2 +1,07283\ X_2X_3 - 1,54222\ X_1^2 -1,87452\ X_2^2 \quad (25)$$



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_1X_2	294,77	1	294,77	2,13	0,1874
X_1X_3	1,00	1	1,00	0,0054	0,9445
X_2X_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

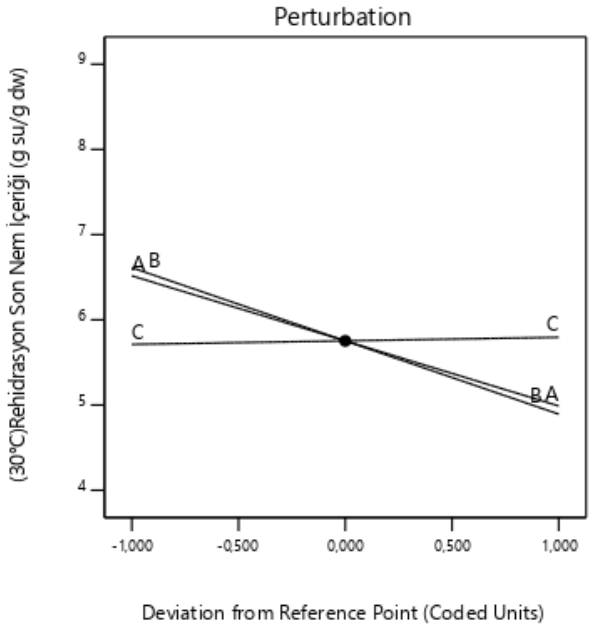
15 koşulun 3 farklı sıcaklıkta rehidre edilmiş ve nem içerikleri sonuçları yanıt olarak incelenmiştir. Elde edilen polinomiyal denklemlerin katsayıları ve uygunluğunun test edilmesinde kullanılan istatistik değerleri Çizelge 4.24'te verilmiştir. Tahminlenen regresyon katsayı ile düzeltilmiş regresyon 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.30ºC'de rehidrasyon işleminde son nem içeriği yanıtı için 2FI modeli, 45ºC ve 60ºC 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_1X_2	1,18463	0,599248	1,00273
X_1X_3	0,3284	0,263746	0,241517
X_2X_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

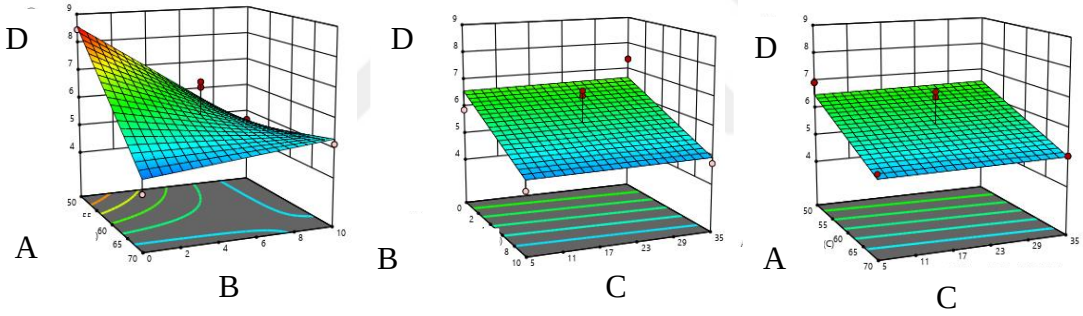
Rheum ribes örneklerinin 30°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri 4,19 ile 8,45 arasında yer almıştır (Çizelge 4.1.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin 30°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine etkisini ortaya koyan 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.X_1, X_2 ve X_1X_2 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



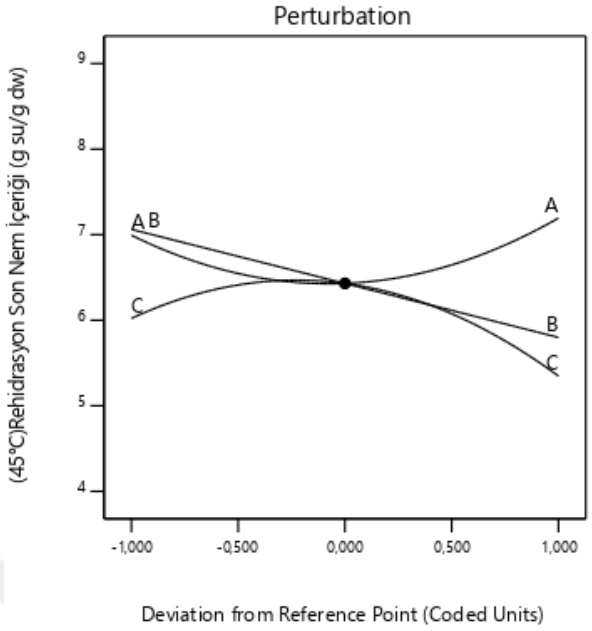
Şekil 4.39. 30 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: 30 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği)

Çizelge 4.25.30 ℃'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_1X_2	5,61	1	5,61	10,51	0,0088
X_1X_3	0,4314	1	0,4314	0,6049	0,4719
X_2X_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			

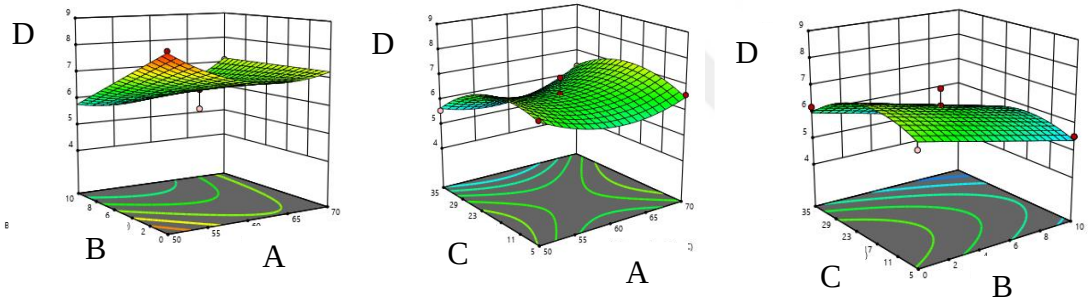
Rheum ribes örneklerinin 45°C rehidrasyon analizi son nem içeriği 4,63 ile 8,28 değerleri arasında yer almıştır (Çizelge 4.1.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin 45°C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine etkisini ortaya koyan 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. X_2 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



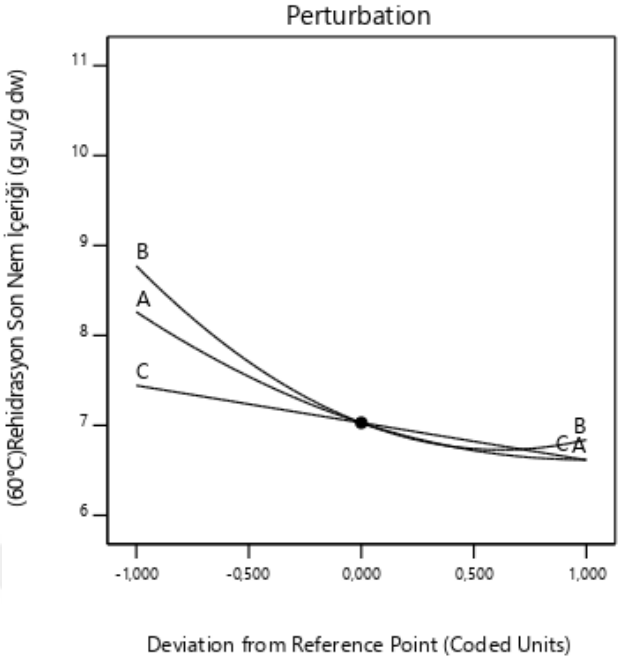
Şekil 4.41. 45 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği Değeri İçin Kontur Grafikleri (A: Kuruma Sıcaklığı, B: Tuz konsantrasyonu, C: Muamele Süresi, D: 45 °C Rehidrasyon Analizi Son Nem İçeriği)

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_1X_2	0,2693	1	0,2693	1,27	0,3111
X_1X_3	0,2782	1	0,2782	1,31	0,3040
X_2X_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			

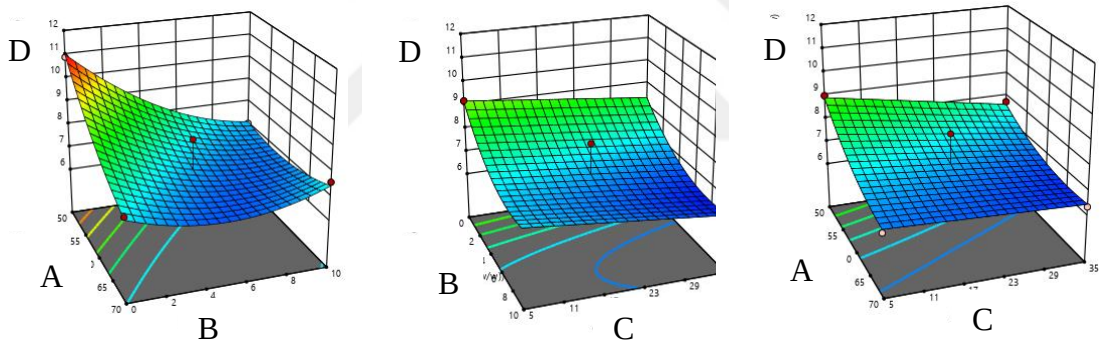
Rheum ribes örneklerinin 60 °C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri 6,21 ile 10,89 değişmiştir (Çizelge 4.1.). Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin 60 °C rehidrasyon analizi son nem içeriği değeri üzerine etkisini ortaya koyan denklem (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. X_1, X_2 ve X_1X_2 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 oratk etkileri ise pozitiftir. 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_1X_2	4,02	1	4,02	7,70	0,0392
X_1X_3	0,2333	1	0,2333	0,4465	0,5336
X_2X_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

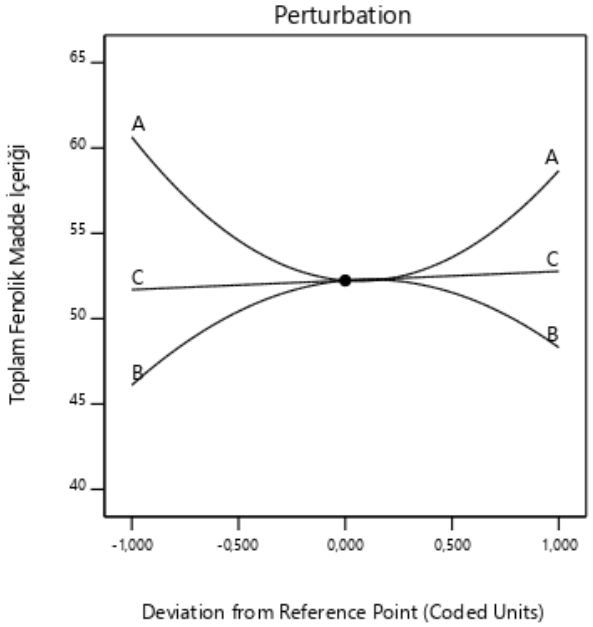
R^2	0,9763	**Adeq Precision**	20,6256
Adj. R^2	0,9486	**PRESS**	89,88
Pre. R^2	0,8010	**%C.V.**	2,52

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_1X_2	38,92	1	38,92	21,80	0,0034	-3,1194
X_1X_3	0,1245	1	0,1245	0,0509	0,8325	0,2495
X_2X_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				

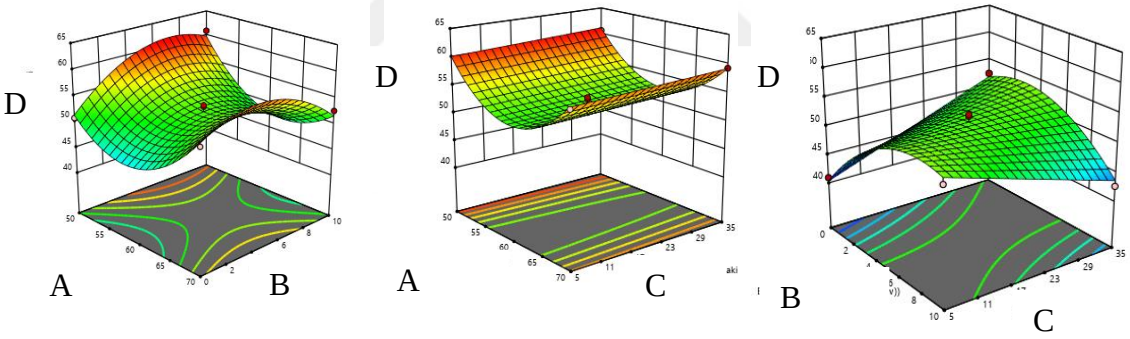
Kurutulmuş Rheum ribes örneklerinin toplam fenolik madde miktarı 40,92±2,99 ile 60,93±1,90 mg GAE /g KM arasında elde edilmiştir. Kurutma sıcaklığı (X_1), tuz konsantrasyonu (X_2) ve muamele süresi (X_3) bağımlı değişkenlerinin toplam fenolik madde içeriğine etkisini ortaya koyan denklem (29) aşağıdaki 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.

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



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 ışkın 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 ^{o}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 güvenirliğini 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°	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^{o}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 çözeltisinde 35 dakika bekletilen 3. koşulda elde edilmiştir. İstenilen nem değerine en uzun sürede ulaşılan koşul ise 50 °C %5 (w/w) tuzlu su çözeltisinde 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 R^2 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 gerçekleştiği 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 örneğin toplam fenol içeriği ise 138,41±40,29 mgGAE/gKM olarak bulunmuştur.

Kuruma süresi kısaldıkça kuruma hızı artmaktadır. Dolayısıyla sıcaklık artarken kuruma süresi kısalmış, 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 düşülmektedir. 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. Önişlemlerin 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 konsantrasyonun 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 ^{o}C ve 60 ^{o}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 istatiksel olarak önemsiz elde edilmiştir. Sıcaklık ve tuz konsantrasyonunun ortak etkisinin artışı toplam fenol içeriğinin azalmasına sebebiyet vermiştir. Tuz konsatrasyonu ve muamele süresinin ortak etkilerinin artması da fenolik içerik azalmasına yol açmıştır. Sıcaklığın quadratik etkisiyle toplam fenolik içerik artmıştır. Tuz konsantrasyonun quadratik etkisinin artması ise toplam fenolik içerikte azalmaya sebebiyet vermiştir.

Rheum ribes bitkisi önemli bir tıbbi ve aromatik bitkidir. Dolayısıyla gelecekte yapılacak çalışmalarda bu önişlemlerin toplam antioksidan kapasite, toplam flavonoid madde, fenolik madde kompozisyonuna ve elementel madde içeriğine olan etkisi de irdelenmelidir. Ayrıca, bu önişlemlerin 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* ekstracts 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.). Wıley.

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 Incelenmesi*. 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. *Gida*, *34*(5), 325–329. http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gidader/article/view/5000097210 adresinden erişildi.

Comtrade. (2021). International Trade Center. https://www.trademap.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 Kurutulm ş 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 Bicscuit 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 Escriche, 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). Isgın (*Rheum ribes* L.) Bitkisindeki A, E ve C Vitaminleri ile Selenyum Düzeylerinin Arastırılması. *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 görünümleri. *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 Aydin, 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. *İn Congress Book* içinde (s. 2). 2nd International Balkan Agrıculture 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**	**Gen Beğe**
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 Sınırda	4 Ortanın biraz altı	5 Orta
6 Oldukça iyi	7 İyi	8 Çok İyi	9 Mükemmel	10 Fevkalade

	İstenen Özellikler	**İstenmeyen Özellikl**
Görünüş		
Renk	Otumsu Yeşil, Meyvemsi Yeşil	Kahverengi, Samanı
Koku	Kendine has koku	Yanık Koku, Yabanc Koku
Tekstür	Kırılgan,Ufalanan,Gözenekli,Süngerimsi	Sert, Odunsu, Lifli
Tat	Otumsu, Ekşimsi, Kendine has aroma	Odunumsu Aroma, Yanık tat
Genel Beğeni	Tüketilebilir	Tüketilemez