

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORGANİK ÇİLEKLERİN KARBONİK MASERASYON ÖN İŞLEMLİ
KURUTMA SÜREÇLERİNİN OPTİMİZASYONU VE KURU / YARI
KURU ÜRÜNLERİN DEPOLANMASI**

Muhammed Mustafa ÖZÇELİK

**Danışman
Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN**

**II. Danışman
Doç. Dr. Erkan KARACABEY**

**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2022**



© 2022 [Muhammed Mustafa ÖZÇELİK]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Çilek Meyvesi	5
2.2. Konvansiyonel ve Organik Çilek Üretimi.....	8
2.3. Karbonik Maserasyon Ön İşlemi	14
2.4. Kurutulmuş ve Yarı Kurutulmuş Çilek.....	17
2.5. Proses Optimizasyonu	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Materyal.....	26
3.2. Yöntem	28
3.3. Analizler.....	31
3.3.1. Asitlik ve pH değeri tayini	32
3.3.2. Çözünür kuru madde tayini	32
3.3.3. Su aktivitesi tayini	32
3.3.4. Nem içeriği ve toplam kuru madde tayini	32
3.3.5. Kolorimetrik renk tayini:	33
3.3.6. Rehidrasyon oranı	33
3.3.7. Tekstür analizi.....	34
3.3.8. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi	34
3.3.9. Askorbik asit içeriğinin belirlenmesi	34
3.3.10. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini	35
3.3.11. DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite tayini	35
3.3.12. ABTS yöntemiyle antioksidan aktivite tayini	35
3.3.13. Antosiyanin miktarının belirlenmesi.....	36
3.3.14. Mikrobiyolojik analiz	37
3.3.15. Görüntü analizi.....	37
3.3.16. Duyusal analiz.....	38
3.3.17. Depolama analizleri.....	38
3.3.18. İstatistik analizi.....	38
3.3.19. Maliyet analizi.....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	40
4.1. Taze Organik Çilek Analiz Sonuçları.....	40
4.2. Kurutulmuş Organik Çilek Analiz Sonuçları	42
4.2.1. Asitlik değeri.....	45
4.2.2. pH değeri	47
4.2.3. Su aktivitesi	48
4.2.4. Çözünür kuru madde	50
4.2.5. Nem içeriği ve toplam kuru madde:	52
4.2.6. Kolorimetrik renk değerleri.....	55

4.2.7. Rehidrasyon oranı	58
4.2.8. Tekstür analizi.....	61
4.2.9. Askorbik asit miktarı	66
4.2.10. Hidroksimetilfurfural miktarı	68
4.2.11. Toplam fenolik madde miktarı.....	68
4.2.12. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini	71
4.2.13. ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite tayini	73
4.2.14. Antosiyanin miktarı.....	75
4.3. Tam ve Yarı Kuru Çileklerin Kurutma Proses Optimizasyonu	77
4.4. Optimum ve Kontrol Örneklerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	91
4.4.1. SEM analizi sonuçları.....	94
4.4.2. Duyusal analiz sonuçları	96
4.5. Depolanan Örnekler.....	97
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	114
KAYNAKLAR	118
EKLER.....	130
EK A. Fotoğraflar	131
EK B. Haritalar	133
EK C. Kalibrasyon eğrileri	134
ÖZGEÇMİŞ.....	135

ÖZET

Doktora Tezi

ORGANİK ÇİLEKLERİN KARBONİK MASERASYON ÖN İŞLEMLİ KURUTMA SÜREÇLERİNİN OPTİMİZASYONU VE KURU / YARI KURU ÜRÜNLERİN DEPOLANMASI

Muhammed Mustafa ÖZÇELİK

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN

II. Danışman: Doç. Dr. Erkan KARACABEY

Çilek (*Fragaria ananassa* L.) meyvesi zengin besinler ve biyoaktif bileşenler içerir. Olgunlaşma sürecinden kaynaklanan doku yumuşaması nedeniyle taze meyvelerin raf ömrü çok kısadır. Meyvelerin raf ömrünü uzatmak için endüstride farklı dondurma ve kurutma işlemleri uygulanmaktadır. Meyvelerin kurutma işlemi ağırlık ve hacim kaybına bağlı olarak nakliye, depolama ve raf ömrü gibi birçok avantaj sağlar.

Karbonik maserasyon (CM), kurutma teknolojisinde ön işlem olarak uygulanan yeni bir tekniktir. Bu teknikte, sıcaklık ve basınç kontrollü sistem içerisinde kurutulacak olan tarımsal ürünler belirli sürelerde tutularak yapılarında değişimler sağlanmaktadır. Bu değişimler kurutma işleminde yüksek performans ve kalite kriterleri açısından daha iyi ürünler sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında, yanıt yüzey metodolojisi (RSM) kullanılarak hem CM hem de havayla kurutma sisteminin proses koşullarının optimize edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu koşullar altında ön işlem uygulanan ve uygulanmayan örnekler kıyaslanmıştır. CM'de sıcaklık, CO₂ basıncı ve zaman bağımsız değişkenler olarak seçilirken; havayla kurutma işleminde sadece sıcaklık bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Her iki kurutma işleminde de modelde yanıt olarak kurutma süresi, askorbik asit miktarı, antioksidan madde miktarı ve hue açısı değeri kullanılmıştır. CM işlemi sonucunda yapıda meydana gelen değişimler kurutma performansında önemli düzeyde ilerleme sağlamış ve kurutma süresini kısaltmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin oldukça önemli hale geldiği dünyamızda, kurutma süresinin kısılması çevreye salınan atık sıcak havayı azaltacaktır. Aynı zamanda kurutma işleminin hızlanması kalite kriterleri açısından etkili olan sıcaklık-süre ikilisinin olumsuz etkilerini de azaltmış; nihai ürünlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri taze çileğe yaklaşmıştır. Tez çalışmasında materyal olarak sertifikalı organik Albion çilek çeşidi kullanılmış ve materyaller Konya/TÜRKİYE'den temin edilmiştir (TR-OT-014-081/02-32).

Çalışmada çileklerin endüstriyel olarak kurutulmasında alt yapı bilgileri oluşturulmuş ve uygulanan ön işlem sayesinde kuruma süresi kısaltılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır. Sonuçlar hem yarı kuru hem de tam kuru ürünlerde kurutma sıcaklığı, CM basıncı, CM sıcaklığı ve CM süresinin optimum parametrelerinin sırasıyla 64.8 °C, 0.35 MPa, 4.2 °C ve 4 saat olduğunu göstermiştir. Kuruma süresi açısından, CM ön işlemi ile havayla kurutma. CM'siz kurutma işlemine göretam kuru ürünlerde %31.5, yarı kuru ürünlerde %7.5 avantaj sağlamıştır. CM. bazı renk parametrelerini (L* ve hue açısı) önemli ölçüde artırırken, kontrol örneklerine göre esmerleşme indeksini azaltmıştır. CM ile muamele edilmiş numunelerde askorbik asit içeriği ve antioksidan aktivite önemli derecede korunmuştur ve dokusal özellikler kontrol numunelerine kıyasla daha yumuşak bulunmuştur. Bununla birlikte pH, titrasyon asitliği ve su tutma kapasitesindeki farklılıklar önemsizdir.

Kurutulmuş ve yarı kurutulmuş organik çilek örnekleri üzerinde depolama sürecinin etkilerinin belirlenmesine yönelik 6 ay farklı koşullarda depolama yapılmış ve örneklerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır.

Depolama sürecinde optimum şartlarda CM işlemi uygulanarak kurutulan ve kontrol örnekleri arasında esmerleşme indeksi ve mikrobiyal yük açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Depolama süresinin 6. ayında renkte bozulmalar artmış, parlak kırmızı renk azot gazı altında tutulan örnekler hariç, mat kırmızıya dönmüştür. Azot gazı altında muhafaza edilen tüm örnekler, mikrobiyal yük, renk, askorbik asit içeriği, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite gibi kalite parametreleri açısından vakum paketlenen ve kapalı ambalajlarda saklanan örneklerle göre daha başarılı bulunmuştur. 4 °C depolama sıcaklığına sahip numuneler, yukarıda belirtilen kalite parametreleri açısından oda sıcaklığında saklanan numunelere göre daha başarılı olmuştur.

Sonuç olarak havayla kurutma işleminde kullanılan CM ön işlemi, kuruma süresini kısaltmak için oldukça etkili bir yöntemdir. CM ile kuruma süresinin azaltılması üreticiler için ekonomik bir avantaj sağlamaktadır. Kurutulmuş çileklerin besin değerini ve rengini koruyarak maksimum raf ömrü ile depolamak için CM ile ön işlem görmüş çilekler %10 nem altında kurutularak 4°C'de azot gazı altında saklanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Kurutma Karakteristikleri, Karbonik maserasyon, Yanıt Yüzey Yöntemi, Organik çilek, Depolama.

2022. 136 sayfa.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

OPTIMIZATION OF CARBONIC MACERATION PRE TREATMENT DRYING PROCESSES OF ORGANIC STRAWBERRIES AND STORAGE OF DRY / SEMI DRY PRODUCTS

Muhammed Mustafa ÖZÇELİK

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erkan KARACABEY

Strawberry (*Fragaria ananassa* L.) fruit contains rich nutrients and bioactive components. The shelf life of fresh fruits is very short due to the softening of the tissue resulting from the ripening process. To extend shelf life and storage of the fruit, different freezing and drying processes are being applied in the industry. Drying process of fruits provides several advantages such as transportation, storage, and increased shelf life based on weight and volume loss.

The carbonic maceration (CM) is a new and limited technique applied as pre-treatment process at drying technology. In this technique, agricultural products to be dried in a temperature and pressure-controlled system are kept for certain periods and changes in their structures are derived. These changes provide better products in terms of high performance and quality criteria in the drying process. In this study, it was aimed to optimize process conditions of both CM and air-drying system using response surface methodology (RSM). In addition, those conditions were compared with and without pre-treatment applications. Temperature, CO₂ pressure, and time period were chosen as the independent variables in CM, whereas only temperature was chosen in air drying process. The same model responses were used i.e., drying time, ascorbic acid, antioxidant activity and hue angle value in both drying processes. Changes in the texture because of the CM process provided a significant improvement in drying performance and a faster drying. In today's world, where global warming and climate change have become very important, shortening the drying time will reduce the waste hot air released into the environment. The changes in the structure as a result of the CM process provided a significant improvement in the drying performance and shortened the drying time. At the same time, the acceleration of the drying process also reduced the negative effects of the temperature-time couple, which is effective in terms of quality criteria, and the physical and chemical properties of the final products approached those of fresh strawberries. Certificated organic Albion variety were provided from Konya/TÜRKİYE as strawberry material (TR-OT-014-081/02-32).

Infrastructure information in the industrial drying of organic strawberries was created in the study and energy savings were achieved by shortening the drying time due to the applied pre-treatment. Results showed that the optimum parameters of drying temperature, maceration pressure, maceration temperature and maceration time for drying conditions were 64.8 °C, 0.35 MPa, 4.2 °C and 4 hours respectively in both semi-dry and fully dried products. Air drying with CM pre-treatment provides %31.5 advantage in fully dried products and %7.5 in semi-dried products compared to drying without CM. CM significantly increased some color parameters (L^* and hue angle) whereas it decreased browning index compared to control samples. Ascorbic acid content and antioxidant activity were significantly preserved in CM-treated samples, and the textural properties were weaker than control samples. On the other hand, differences in pH, titration acidity and water holding capacity were insignificant.

In order to determine the effects of the storage processes on dried organic strawberry samples, samples were stored under different storage conditions for 6 months. Changes in the physical, chemical, and microbiological properties of the samples were investigated.

There was no significant difference between the control samples and dried by applying CM treatment under optimum conditions in terms of browning index and microbial load during storage. In the 6th month of the storage period, color deterioration increased, and the bright red color turned to dull red, except for the samples kept under nitrogen gas. All samples stored under nitrogen gas were found more successful in terms of quality parameters i.e., microbial load, color, ascorbic acid content, total phenolic substance content and antioxidant activity than those of stored in vacuum packaging and sealed packaging. Samples with a storage temperature of 4 °C were more successful than samples stored at room temperature in terms of quality parameters mentioned above.

As a result, the CM pre-treatment used in the air-drying process was a very effective method to shorten the drying time. Decreasing the drying time with carbonic maceration provides an economic advantage for the manufacturers. In order to preserve the nutritional value and colour of dried organic strawberries and store them with a maximum shelf life, CM pre-treated organic strawberries should be dried under 10% humidity and stored at 4°C under nitrogen gas.

Keywords: Drying characteristics, Carbonic maceration, Response surface method, Organic strawberry, Storage.

2022. 136 pages.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN'a teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında bana yol gösteren ve desteğini esirgemeyen, her alanda tecrübesinden yararlandığım değerli eş danışman hocam Doç. Dr. Erkan KARACABEY'e teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Yük. Müh. Merve Seçil BARDAKÇI'ya, Yük. Müh. Mehmet AKSU'ya, Yük. Müh. Sedef AYDIN'a ve Arş. Gör. Ayşe BIYIKLI'ya teşekkür ederim. Mikrobiyoloji analizlerinde yardımcı olan Yük. Müh. Pınar ÜNSAL ve Yük. Müh. Oğuzhan GEDİK'e teşekkür ederim.

FDK 2020-7443 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince YÖK 100/2000 bursu ile maddi destek sağlayan YÖK'e teşekkür ederim.

Doktora tezim süresince 1649B031903012 numaralı burs ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK BİDEB'e teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında veri üretimi ve analizleri ile ilgili konularda bilgilerinden yararlandığım "TÜBİTAK-2237 Doğa Bilimlerinde İstatistiksel Modelleme Teknikleri ve Uygulamaları" (Etkinlik no: 1129B371900490) isimli etkinliği düzenleyen Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN ve Prof. Dr. Gamze ÖZEL KADILAR başta olmak üzere emeği geçenlere teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında bana yol gösteren, maddi ve manevi en büyük destekçilerim, hayatım boyunca varlıklarını yanımda hissettiğim değerli aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Muhammed Mustafa ÖZÇELİK
ISPARTA. 2022

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Albion çeşidi organik çileklerin tarladaki görünüşü.....	6
Şekil 2.2. 2020 yılında taze (a) ve dondurulmuş (b) çilek ihracatında önemli ülkeler	12
Şekil 2.3. 2020 yılı, Türkiye’de illere göre çilek üretim miktarları (a) ve ortalama fiyatları (b)	13
Şekil 2.4. 2020 yılı, Türkiye’de il bazında organik çilek üretimi hektar (a) ve % miktarları (b).	13
Şekil 3.1. Materyalin temin edildiği tarlanın ve organik sertifikalı çileklerin genel görünüşü.	26
Şekil 3.2. Tartılan ve hazırlandıktan sonra kesilip CM işlemi için tepsilere aktarılan çilekler.	27
Şekil 3.3. CM uygulanmış, yarı ve tam kurutulmuş organik çileklere ait görüntüler.....	30
Şekil 3.4. Kurutma fırını PLC kontrol ekranı ve ağırlık takibinin bir görüntüsü.....	30
Şekil 3.5. Organik çileklere uygulanan işlemlerin şematik gösterimi.	31
Şekil 4.1. %Titrasyon asitliği pareto kartı.....	46
Şekil 4.2. Çilek örneklerinin pH değeri pareto kartı.....	48
Şekil 4.3. Çilek örneklerinin a_w değeri pareto kartı.....	50
Şekil 4.4. Çilek örneklerinin suda çözünür kuru madde değeri pareto kartı	51
Şekil 4.5. Çilek örneklerinin nem içeriği (%) değeri pareto kartı.....	53
Şekil 4.6. Çilek örneklerinin kuru madde içeriği pareto kartı	55
Şekil 4.7. Çilek örneklerinin hue değeri pareto kartı.....	58
Şekil 4.8. Rehidrasyon oranı pareto kartı.....	60
Şekil 4.9. Çilek örneklerinin tekstür (sertlik) değeri pareto kartı.....	62
Şekil 4.10. Çilek örneklerinin tekstür (kabuk direnci) pareto kartı	63
Şekil 4.11. Çilek örneklerinin tekstür (elastikiyet) değeri pareto kartı	65
Şekil 4.12. Çilek örneklerinin askorbik asit miktarı pareto kartı.....	67
Şekil 4.13. Çilek örneklerinin toplam fenolik madde miktarı pareto kartı	70
Şekil 4.14. Örneklerinin antioksidan aktivite (DPPH) pareto kartı	72
Şekil 4.15. Çilek örneklerinin antioksidan aktivite (ABTS) pareto kartı.....	74
Şekil 4.16. Kurutulmuş çileklerde DPPH, ABTS ve toplam fenolik madde miktarlarının karşılaştırılması.....	75
Şekil 4.17. Antosiyanin madde miktarı pareto kartı.....	77
Şekil 4.18. Çilek örneklerinin yanıt-yüzey optimizasyonu grafiği.....	79
Şekil 4.19. Kurutma süresi üzerinde kurutma sıcaklığı ve CM süresinin etkisi ..	82
Şekil 4.20. Askorbik asit miktarı üzerinde CM sıcaklığı ve basıncının etkisi.....	83
Şekil 4.21. Askorbik asit miktarı üzerinde CM süresi ve sıcaklığının etkisi.....	84
Şekil 4.22. Askorbik asit miktarı üzerinde CM süresi ve kurutma sıcaklığının etkisi.....	85
Şekil 4.23. Askorbik asit miktarı üzerinde kurutma sıcaklığı ve CM basıncının etkisi.....	85
Şekil 4.24. Hue açısı üzerinde CM sıcaklığı ve basıncının etkisi	86
Şekil 4.25. Hue açısı üzerinde CM sıcaklığı ve süresinin etkisi	87
Şekil 4.26. Hue açısı üzerinde CM süresi ve kurutma sıcaklığının etkisi	88
Şekil 4.27. Hue açısı üzerinde kurutma sıcaklığı ve CM basıncının etkisi	89

Şekil 4.28. Antioksidan aktivite üzerinde CM süresi ve sıcaklığının etkisi	89
Şekil 4.29. Antioksidan aktivite üzerinde CM süresi ve kurutma sıcaklığının etkisi.....	90
Şekil 4.30. Antioksidan aktivite üzerinde CM sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının etkisi.....	91
Şekil 4.31. Kontrol kurutma kuruma eğrisi (64.8 °C).....	91
Şekil 4.32. Optimum şartlarda CM uygulanan kurutma eğrisi (64.8 °C).....	92
Şekil 4.33. Kontrol ve optimum örneklerin SEM görüntüsü.	95
Şekil 4.34. Kontrol ve optimum örneklerin duyuşal değerdendirmesi.....	96
Şekil 4.35. Esmerleşme indeksi (BI) depolama verileri.....	99
Şekil 4.36. Hue açısı depolama verileri	107
Şekil 4.37. Askorbik asit miktarı depolama verileri.....	108
Şekil 4.38. Antioksidan madde depolama verileri	109
Şekil 4.39. TFM miktarı depolama verileri	110
Şekil 4.40. Depolanan örneklerde toplam mezofilik aerob bakteri miktarı	111
Şekil 4.41. Depolanan örneklerde Toplam Maya-Küf miktarları	112
Şekil A.1. Organik çileklerin hasat edildiğı tarlanın genel görünüşü.....	131
Şekil A.2. Çileklerin kurutulmasında kullanılan PLC kontrollü kurutucu.....	132
Şekil A.3. Karbonik maserasyon uygulanan sıcaklık ve basınç kontrollü tank..	132
Şekil B.1. Konya ili Albion çeşidi çileklerin yetiştirildiğı alanlar.....	133
Şekil C.1. Çalışmada kullanılan pelargonidin 3 glukozid standart eğrisi	134
Şekil C.2. Çalışmada kullanılan askorbik asit standart eğrisi	134
Şekil C.3. Çalışmada kullanılan HMF standart eğrisi.....	134

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Konvansiyonel ve organik çileklerin verimi ve bazı fizikokimyasal özellikleri	10
Çizelge 2.2. Konvansiyonel ve organik çileklerin bazı biyoaktif bileşenleri, fonksiyonel ve duyuşal özellikleri	11
Çizelge 2.3. Karbonik maserasyon ön işlemleri uygulanan kurutma çalışmaları	16
Çizelge 2.4. Çilek kurutma üzerine yapılan çalışmalar	19
Çizelge 2.5. Çileklerin kurutulmasında ön işlem uygulanan çalışmalar	20
Çizelge 3.1. Deneme desninde kullanılan bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri.....	28
Çizelge 3.2. Yanıt yüzey yöntemi ile oluşturulan çalışma planı ve yapılan kurutmaların bazı değerleri.....	29
Çizelge 4.1. Taze organik çileklerin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.2. Denemelerin fizikokimyasal analiz sonuçları	43
Çizelge 4.3. Denemelerin kimyasal analiz sonuçları	44
Çizelge 4.4. Çilek örneklerinin % titrasyon asitliği (sitrik asit) değeri varyans analizi	46
Çizelge 4.5. Çilek örneklerinin pH değeri varyans analizi	47
Çizelge 4.6. Çilek örneklerinin a_w değeri varyans analizi.....	49
Çizelge 4.7. Çilek örneklerinin suda çözünür kuru madde varyans analizi	51
Çizelge 4.8. Çilek örneklerinin nem değeri varyans analizi	53
Çizelge 4.9. Çilek örneklerinin % kuru madde değeri varyans analizi	54
Çizelge 4.10. Çilek örneklerinin hue açısı varyans analizi	57
Çizelge 4.11. Çilek örneklerinin hue değeri regresyon denklemi	58
Çizelge 4.12. Çilek örneklerinin rehidrasyon oranı değeri varyans analizi	59
Çizelge 4.13. Çilek örneklerinin tekstür analizi lkb değeri varyans analizi	61
Çizelge 4.14. Çileklerin tekstür analizi (kabuk direnci testi) varyans analizi	63
Çizelge 4.15. Çilek örneklerinin tekstür analizi elastikiyet varyans analizi	64
Çizelge 4.16. Çilek örneklerinin askorbik asit miktarı varyans analizi.....	66
Çizelge 4.17. Askorbik asit miktarı regresyon denklemi (mg A.A./100g km).....	68
Çizelge 4.18. Toplam fenolik madde miktarı varyans analizi.....	69
Çizelge 4.19. Çilek örneklerinin antioksidan aktivite (DPPH metodu) varyans analizi	71
Çizelge 4.20. Çilek örneklerinin Antioksidan aktivite (ABTS metodu) varyans analizi	73
Çizelge 4.21. Örneklerinin antosiyanin madde miktarı varyans analizi	76
Çizelge 4.22. Kurutma süresi regresyon denklemi	80
Çizelge 4.23. Çoklu yanıtların tahmin aralıkları	80
Çizelge 4.24. Optimum ve kontrol ürünlerine ait bazı değerler.	93
Çizelge 4.25. Optimum ve kontrol ürünlerinin optimizasyon analizlerinin sonuçları.	93
Çizelge 4.26. Tam ve yarı kuru ürünlerin depolama analiz sonuçları. (Nem, su aktivitesi ve suda çözünür kuru madde)	101
Çizelge 4.27. Tam ve yarı kuru ürünlerin depolama analiz sonuçları. (h° açısı, titrasyon asitliği ve pH değeri).....	102
Çizelge 4.28. Tam ve yarı kuru ürünlerin depolama analiz sonuçları. (Askorbik asit, antioksidan madde ve TFM).	106

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a*	Kırmızı-yeşil renk değeri (CIELAB renk sisteminde)
A.A.	Askorbik asit
ABS	Absorbans
a _w	Su aktivitesi
b*	Sarı-mavi renk değeri (CIELAB renk sisteminde)
BHT	Bütillenmişhidroksitoluen
BI	Esmerleşme indeksi
°Bx	Suda çözünür kuru madde
C*	Chroma (CIELAB renk sisteminde)
Ca	Kalsiyum
CCD	Merkezi karma tasarım
CM	Karbonik maserasyon
CO ₂	Karbondioksit
DAD	Diode array dedektör
dk	Dakika
DPPH	Di-fenil pikril hidrazil
DS	Deneme sayısı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	Demir
F _{sıc}	Kurutma sıcaklığı
G	Devir sayısı
g	Gram
<i>g</i>	<i>g</i> kuvveti
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
IU	Uluslararası ünite
K	Potasyum
kg	Kilogram
KM	Kuru madde
KOB	Koloni oluşturan birim
kW	Kilowatt
L*	Aydınlık renk değeri (CIELAB renk sisteminde)
Mbas	Karbonik maserasyon basıncı
Msaat	Karbonik maserasyon süresi
Msıc	Karbonik maserasyon sıcaklığı
Mg	Magnezyum
MPa	Mega Paskal
m	Metre
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
P	Basınç
p	Fosfor

PA	Poliamid
PE	Polietilen
P3G	Pelargonidin-3-glikozit
R ²	Belirleme katsayısı
sa	Saat
S3G	Siyanidin-3-glikozit
S3R	Siyanidin-3-rutinosit
T	Süre
t	Sıcaklık
T.E.	TROLOX® eşdeğeri
TAA	Toplam antioksidan aktivite
TEAC	TROLOX® eşdeğeri cinsinden antioksidan kapasite
TFM	Toplam fenolik madde
TMAB	Toplam mezofilik aerob bakteri
TKM	Toplam küf-ve maya sayısı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV-VIS	Ultraviyole görünür ışık
YM	Yaş madde
W	Watt
°C	Derece santrigrat

1. GİRİŞ

Çilek, gülgiller (Rosaceae) familyasının *Fragaria* cinsine ait kırmızı renkte, hoş kokulu ve lezzetli bir meyvedir. Latince ismi, fragro (kokulu, aromalı) fiilinden türemiştir. Kolay çoğaltılabilmesi, kısa sürede meyve vermesi ve çok yıllık bir bitki olması gibi yetiştiricilik avantajlarına sahiptir. Farklı yetiştirme koşullarına uygun olduğu için dünya genelinde yetiştirilebilmektedir. Lezzetli, zengin vitamin ve mineral madde içeriğine sahip, taze olarak veya çeşitli şekillerde işlenerek tüketilen ve her geçen gün daha çok talep edilen bir meyvedir. Son yıllarda üretimi ve tüketimi artmaktadır. Çilek üretimi dünyada ve ülkemizde üzümsü meyveler içerisinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye çilek üretiminde dünyada ilk sıralarda yer almaktadır (Hancock vd., 1996; Zhao, 2007; Anonim., 2022).

Ülkemizde ve dünyada kuru madde oranı yüksek olan farklı çilek çeşitleri reçellik, dondurmalık ve kurutmalık olarak sanayide değerlendirilebilir (Levaj vd., 2012.; Ertekin vd., 2014; Geçer vd., 2018; Laugale ve Bite, 2006; Skrede, 1980). Tez çalışmasında materyal olarak seçilen Albion çeşidi kurutmalık olarak kullanılan ve organik tarım sistemiyle üretilen bir çeşittir. Ayrıca Albion kuru madde oranı yüksek, koyu kırmızı renkte, bitki verimi yüksek, tatlı ve eşit simetride meyve veren bir çeşit olmasıyla öne çıkmaktadır (Shaw ve Larson, 2009).

Organik tarım; bilinçsiz ilaçlama uygulamalarından kaynaklanan zararlar sonucunda bozulan toprak yapısının ve ekolojik dengenin doğru ve bilinçli mücadele teknikleri kullanılarak yeniden düzenlenmesine yönelik uygulanan alternatif bir sistemdir (Atasay ve Türemiş, 2008). Organik gıdalar daha sağlıklı ve denetimli üretilen gıdalar olarak düşünüldüğünden dolayı tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Tüketiciler tarafından konvansiyonel gıdalar daha denetimsiz, besleyiciliği düşük ve sağlığa zararlı kimyasal maddeler içeren gıdalar olarak algılanmaktadır. Üretim maliyetleri ve verim bakımından kıyaslandığında organik tarım başlangıçta daha az kar getiren bir tarım sistemi olarak görülmesine rağmen, uzun vadede bitkinin gelişimi ve verimi açısından klasik yetiştirme tekniğini yakalayabileceği düşünülmektedir (Balcı ve Demirsoy

2006). Sürdürülebilir olması, toprak ve çevre dostu olması gibi avantajlarından dolayı organik tarımın teşvik edilmesi gerekmektedir.

Organik ürünlerin tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilmesinin yanı sıra renk değerinin, şeker içeriğinin, β -karoten ve ellajik asit miktarının, antioksidan, antosiyanin, askorbik asit ve fenolik madde içeriğinin klasik yöntemden daha yüksek değerlerde olduğu yapılan araştırmalarla ortaya koyulmuştur (Conti vd., 2014; Crecente-Campo vd., 2012; Ornelas-Paz vd., 2013; Yıldız vd., 2014).

Gıdalar, hasat edildikten sonra özellikle taşıma ve depolama sürecinde çeşitli mikrobiyal ve kimyasal bozulmalara uğramaktadır. Bozulmaların sebebi genellikle taze gıdaların yüksek su aktivitesi değerine sahip olmasıdır. Meydana gelen bozulmalar gıdanın besin değerini düşürmekte ve tat, koku gibi duysal özelliklerini olumsuz olarak etkilemektedir. Bu sorunların önüne geçebilmek ve gıdaların raf ömrünü artırabilmek için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bilinen en eski ve en yaygın gıda muhafaza yöntemi kurutmadır (Akpınar, 2006). Ancak ülkemizde meyve ve sebzelerin kurutulması geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Kurutulacak gıdalar kontrolsüz koşullarda, genellikle açık arazilerde dış etkenlere maruz kalarak, serilerek veya asılarak kurutulmaktadır. Taze çileğin sahip olduğu morfolojik yapısından dolayı raf ömrünün düşük olması sebebiyle hasat edildikten sonra yeni teknolojik yöntemlerle kısa süre içerisinde işlenmesi veya muhafaza edilmesi üreticiler, tüketiciler ve ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir (TOB, 2021).

Türkiye'nin, ihracat kalemleri içerisinde kuru ürünler kategorisindeki yeri zaman zaman değişmekle birlikte ilk beş ülke içerisinde yer almakta olup bu kategori en çok gelir sağlayan ihraç kalemlerinden birisidir (UİB, 2017). İşlenmiş çilek ihracatında ülkemizin pazar payının artması ve rekabet kabiliyetinin gelişebilmesi için bu alanda yapılacak çalışmalar oldukça önem arz etmektedir.

Günümüzde gıdaların mevcut kurutma sistemleriyle kurutulması oldukça uzun zaman almaktadır. Kurutma süresinin uzun olması kurutulmuş ürünün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Wojdyło vd., 2009). Aynı zamanda

kurutma sırasında harcanan enerji miktarları yüksek olabilmektedir. Bu sorunlara çözüm bulmak amacıyla farklı kurutma yöntemleri ve bazı ön işlemler geliştirilmiş olup kurutma proseslerinde kullanılmıştır (Turgut vd., 2018). Bu tez çalışmasında organik çileklerin kurutulmasında ön işlemi olarak karbonik maserasyon (CM) uygulaması ve etkileri araştırılmıştır.

Ön işlem basamağı olarak uygulanan karbonik maserasyon, kurutma teknolojisinde kullanımı sınırlı ve yeni olan, şarap üretimi gibi farklı işlenmiş gıda üretim aşamalarında kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte, sıcaklık ve basınç kontrollü sistem içerisinde kurutulacak olan gıdalar belirli sürelerde tutularak yapılarında değişimler sağlanmaktadır. Bu değişimler doğrultusunda kurutma işleminde yüksek performans ve kalite kriterleri açısından genel olarak daha iyi ürünler elde edilebilmektedir (An vd., 2020). CM'nin ürün özelliklerine etkileri hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Tao, 2013, Liu vd., 2014, Wang vd., 2014, Zhao vd., 2016, An vd., 2018, Turgut vd., 2018, An vd., 2020). Karbonik maserasyon (CM), verimli ve düşük maliyetli bir teknolojidir. Bu ön işlem uygulaması kurutma işlemi sırasında kütle transfer hızını artırarak kuruma süresini azaltabilir ve kurutulacak ürünün kalite indeksleri üzerine olumlu etkiler sağlayabilir. Ayrıca, CM'nin sağladığı düşük pH ortamı ve polifenol oksidaz (PPO), peroksidaz (POD) enzimlerinin inaktivasyonu, fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesinin korunması üzerine etkilidir (An vd., 2020).

Enerji tüketen adımları belirlemek, ürün kalitesini bozmadan üretim maliyetini düşürmek, biyoaktif bileşenleri en uygun sıcaklık derecesinde koruyarak canlı renkte ürün üretebilmek ve üretilen ürünleri doğru şekilde depolamak ancak prosesin ve ön işlemlerin bütün şartlarının araştırılması, test edilmesi ve uygulanması ile mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, endüstride kurutulmuş çilek üretiminde uygulanabilecek geleneksel sıcak hava kurutma prosesi kullanılarak tam kuru (%10 nem, $<0.4 a_w$) ve yarı kuru (%25 nem, $<0.6 a_w$) nihai ürünlerinin kurutma karakteristikleri ve bazı kalite özelliklerini belirlemektir. Bunun yanı sıra yapılan çalışma ile; çilek kurutma işleminde CM ön işleminin kurutma prosesi ve ürün üzerine olan

etkilerini belirlemek ve CM ön işleminin optimum koşullarını tespit etmek, optimum şartlarda üretilen ön işlem uygulanmamış (kontrol) ve ön işlemli kurutulmuş ve yarı kurutulmuş çileklerin en uygun depolama koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın amacı kapsamında istenilen değerlere yüksek doğrulukla ulaşabilmek ve elde edilen sonuçları değerlendirebilmek için istatistiksel modelleme (yanıt yüzey yöntemi, CCD) kullanılmıştır. Literatürde çileklerin karbonik maserasyon ön işlemi ile kurutulması üzerine herhangi bir çalışma yoktur. Çileklerin kurutulmasında yanıt yüzey optimizasyonu kullanılan az sayıda çalışma vardır (Alonzo-Macías vd., 2013). Kurutulmuş çileklerin depolanmasında uygun şartları araştıran çok az çalışma vardır (de Bruijn vd., 2016, Minh vd., 2019, Beuchat ve Mann, 2014). Bu bağlamda gerçekleştirilen tez çalışması özgün olup literatüre katkı sağlayacak niteliktedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Çilek Meyvesi

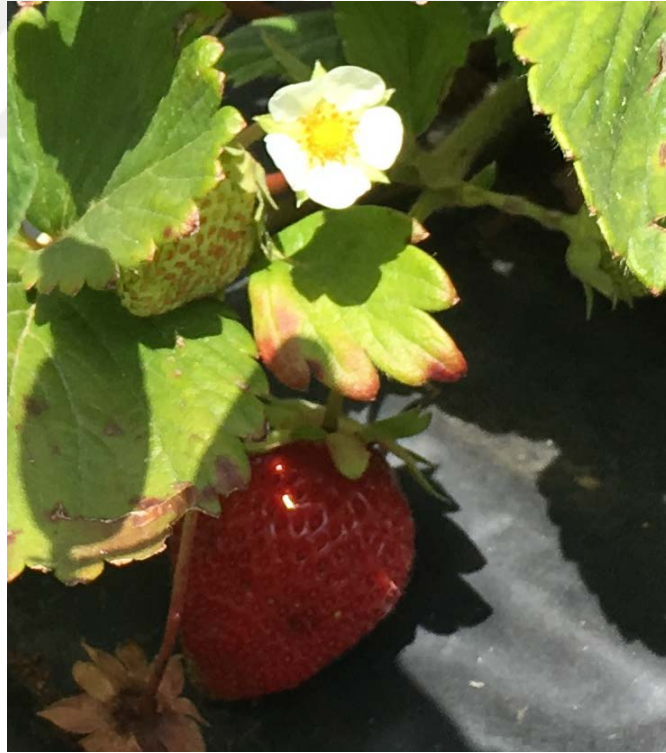
Çilek, gülgiller (Rosaceae) familyasının *Fragaria* cinsine ait bir bitkidir. Latince ismi, fragro (kokulu, aromalı) fiilinden türemiştir. Kırmızı renkte, hoş kokulu ve lezzetli bir meyvedir. Tohumları meyvenin üzerinde (dışında) bulunan birkaç meyveden biridir. Anavatanı Kuzey ve Güney Amerika'dır. Çilek, farklı yetiştirme şartlarına uygun olduğu için dünyada yaygın olarak üretilmektedir. Çilek; kolay çoğaltılabilmesi, kısa sürede meyve vermesi ve herdem yeşil çok yıllık bir bitki olması gibi bazı yetiştiricilik avantajlarına sahiptir. Lezzetli, vitamin ve mineral madde içeriği zengin, taze olarak ya da işlenerek tüketilen ve gün geçtikçe daha çok talep edilen bir meyve olması nedeniyle son yıllarda üretimi ve tüketimi oldukça artmıştır (Hancock vd., 1996; Zhao, 2007; Anonim, 2022).

Dünyada bilinen çilek türü sayısı 20'den fazladır ve çilek türlerinin çeşitli melezleri ve kùltivarları vardır. En fazla üretimi yapılan çilek çeşidi *Fragaria ananassa* melezinin (bahçe çileği) çeşididir. Ülkemizde ve dünyada kuru madde oranı yüksek olan farklı çilek çeşitleri reçellik, dondurmalık ve kurutmalık olarak sanayide kullanılmaktadır. Senga Sengana, Bounty, Camarosa, Festival, Albion, San Andreas, Monterey, Honeoye ve Sweet Charlie sanayide en çok tercih edilen çilek çeşitleridir. Yapılan literatür taramalarında Albion, Festival, Monterey ve San Andreas çeşitlerinin hem bitki başına verimi hem de suda çözünür kuru madde oranının yüksek olması sebebiyle kurutma çalışmalarında tercih edildiği görülmüştür. Özellikle Albion çeşidi diğer çeşitlerden daha yüksek meyve verimi, iri ve homojen şekilli meyveye sahip olması, yüksek C vitamini içeriği, sert yapısı ile zedelenmelere nispeten daha dayanıklı olması ve küflenmeye karşı dirençli olmasıyla kurutma işlemine uygun çilek çeşidi olarak değerlendirilebilir (Levaj vd., 2012; Ertekin vd., 2014; Geçer vd., 2018; Laugale ve Bite, 2006; Skrede, 1980).

Albion çilek çeşidi (*Fragaria ananassa* Duch. Cv. Albion), 1999 yılında, Kaliforniya üniversitesinde, Diamante x Cal 94.16-1 arasındaki çaprazlamadan üretilmiştir. Meyveleri uzun şekilli, konik ve simetrik, içi ve dışı koyu renkli ve sert yapılı

olarak tanımlanmıştır. Albion çeşidinin meyve kalitesi yüksek olup, serin ve ılıman bölgelerde yetiştirilmektedir. Ayrıca meyvenin şekli, büyüklüğü ve lezzeti bütün sezon aynıdır. Bitki yapısı meyve toplamaya oldukça elverişlidir. Albion çeşidinin diğer bir avantajı ise organik üretime uygun bir çeşit olmasıdır (Shaw ve Larson, 2009). Şekil 2.1.'de Albion çeşidi organik çileklerin ham ve olgun meyvesi, yaprağı ve çiçeği gösterilmiştir.

Çilekler çeşit, yetiştirme koşulları ve hasat sonrası depolama özelliklerine göre besin değerleri bakımından farklılık göstermektedir. Ancak genel olarak çilekler sağlıklı bir besin kaynağıdır. 100 g taze çileğin besin değerleri şu şekilde tespit edilmiştir: %90 su, 8.4 g karbonhidrat (toplam), 1.3 g karbonhidrat (lifli), 0.5 g yağ, 0.7 g protein, 0.5 g kül, 164 mg potasyum, 21 mg kalsiyum, 21 mg fosfor, 1 mg sodyum, 1 mg demir, 60 IU vitamin A, 59 mg C vitamini, 0.07 mg riboflavin, 0.03 mg tiamin, 0.6 mg niasin, 37 kalori enerji (Kılıçel, 2005).



Şekil 2.1. Albion çeşidi organik çileklerin tarladaki görünüşü

Çilek meyvesi C vitamini, kuersetin, kampferol, mirisetin, p-kumarik asit, gallik asit ve ellajik asit gibi bazı önemli antioksidan ve fenolik maddeleri içermektedir.

Bazı çilek çeşitleri bilinen diğer meyve çeşitlerinin çoğundan daha fazla miktarda C vitamini içermektedir. Çilek meyvesi tiamin, riboflavin, niasin, A, C, E ve K vitaminleri gibi birçok vitaminin kaynağıdır. Çilek meyvesinin tohumları yüksek miktarda (%72 oranında) çoklu doymamış yağ asidi içerdiği için sağlıklı bir besin kaynağı olarak kabul edilmektedir (USDA, 2010). Aynı zamanda meyve antioksidan biyoaktif bileşenler olan tokoferoller, askorbik asit, flavonoidler, fenolik asitler, organik asitler, antosiyaninler ve karotenoidler bakımından da oldukça zengindir (Meyer vd., 2000; Maslarova vd., 2001).

Çilek meyvesinin içerdiği fenolik bileşikler, özellikle de antosiyaninler çileğin yüksek antioksidan kapasitesi üzerinde etkilidir (Aaby vd., 2005; Rababah vd., 2005; Sun vd., 2002). Çileklerde 25 farklı antosiyanin pigmenti tespit edilmiştir. Çilek çeşitleri arasında bu pigmentlerin varlığı ve miktarları değişiklik göstermektedir (Da Silva vd., 2007). Çilekler genetik ve çevre etkilerinden bağımsız olarak en fazla pelargonidin-3-glukozit, en az siyanidin-3-glukozit antosiyanin pigmenti içermektedir (Lukton vd., 1955; Bridle ve Garcia-Viguera, 1997). Son yıllarda, biyoaktif maddeler açısından zengin üzüksü meyvelerin insan sağlığına olumlu etkileri ile ilgili çalışmalardan dolayı farmasötik, gıda ve kozmetik endüstrilerinin çilek gibi üzüksü meyvelere olan ilgisi artmıştır.

Çilek meyvesi taze olarak, kurutularak, dondurularak veya meyve suyu olarak tüketilebilmektedir. Ayrıca reçel, marmelat, likör, pasta ve dondurma yapımında da kullanılmaktadır (Poyraz Engin ve Boz, 2019). Farklı formlarda kullanılabilme özelliği meyvenin sezonunu ve kullanım alanını genişletmektedir.

Çilek üretimi dünyada ve ülkemizde üzüksü meyveler içerisinde en önemli yeri tutmaktadır ve ülkemizde son elli yıldır artış eğilimindedir. Adaptasyon yeteneğinin yüksek olması, çileğin ülkemizde deniz seviyesinden 2000 m yüksekliğe kadar yetiştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Çileğin geniş üretim alanına sahip olmasında çeşit zenginliği de önemli rol oynamaktadır. 2019 yılı itibarıyla dünya çilek üretiminde Çin ilk sırada (3.2 milyon ton), ABD ikinci sırada (1 milyon ton), Meksika üçüncü sırada (861 bin ton) yer almaktadır. Türkiye’de çilek üretimi 1970’li yıllarda 9700 ton üretim miktarı ile başlamıştır. Günümüzde

Üretim düzenli bir artışla 2019 yılında 487 bin ton, 2020 yılında 546 bin ton, 2021 yılında 669 bin ton miktara ulaşmıştır. Bu retim miktarlarıyla Türkiye, dünya ilek üretiminde Çin, ABD ve Meksika' dan sonra en çok ilek üreten 4. lkedir. Kişi başına Çin 2.7 kg, Meksika 3.8 kg, ABD 4.3 kg, Mısır 4.8 kg ve Türkiye 5.1 kg ilek üretmektedir. Ülkemizde kişi başına ilek tüketimi ise son 5 senede 3.9-4.7 kg/yıl seviyesinde değişmektedir. Dünya ticaret haritası rakamlarına göre, 2020 yılında dondurulmuş ve taze ilek ihracat miktarı toplam 1.6 milyon tondur (Anonim, 2020). Türkiye'de 2020 yılı ilek ihracatı 2019 yılına oranla %14.7 artarak 47912 ton olmuştur. 2021 yılının ilk 4 ayında ise 27914 ton ihracat yapılmıştır. Son 5 senede ilek ihracatı yaklaşık olarak iki katına çıkmıştır. Ülkemiz ilek ihracatında dünya genelinde on ikinci sırada yer almaktadır. ilek ithalatı ise yıllara göre değişmekle birlikte, kayda değer bir hacme sahip değildir (TOB, 2021).

Geçmişten günümüze kadar ilek üretim miktarında kaydedilen sürekli artış, yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda yetiştirilecek alana uygun çeşitlerin belirlenmesi ve en yeni üretim tekniklerinin uygulanmasıyla sağlanmıştır (Erenoğlu vd., 2000; FAO, 2020; TEPGE, 2021).

2.2. Konvansiyonel ve Organik ilek retimi

Organik (Ekolojik, Biyolojik) tarım; bilinçsiz uygulamalar ve ilaçlama sebebiyle zarar gören ekolojik dengenin toprak ve evre dostu tekniklerin uygulanması ile yeniden düzenlenmesine yönelik uygulanan alternatif bir sistemdir. Başka bir deyişle organik tarım, modern tarımın tüm imkanları kullanılarak doğal kaynakların ve enerjinin en uygun şekilde kullanımı ile yüksek verimlilik alınan, sürdürülebilir bir üretim sistemidir (Atasay ve Türemiş, 2008). Organik tarım sistemi toprağın yapısını bozan sentetik gübre ve pestisitleri yasaklamış bunun yanı sıra, toprağın sürdürülebilirliğini ve organik tarıma uygun şekilde hastalık ve zararlılar ile mücadele tekniklerini teşvik etmiştir. Bu tarım sisteminde organik gübre ve ilaç kullanılmaktadır. Konvansiyonel retimde genellikle; bitki dikimi, zararlılarla mücadele, toprak işleme, sulama ve diğer teknik işlemler yapılır. Organik tarımda bu işlemler sertifikalı bitki dikimi, organik hastalık ve

zararlı mücadelesi, organik gübre kullanımı, organik yabancı ot yönetimi, toprak işleme ve sulama şeklinde daha denetimli ve dikkatli olarak yapılır.

Tüketiciler açısından konvansiyonel gıdalar organik gıdalarla kıyaslandığında, daha denetimsiz, besleyiciliği düşük ve sağlığa zararlı kimyasal maddeler içerebilen gıdalar olarak düşünülmektedir. Bu nedenle günümüzde organik gıdalar tüketiciler tarafından daha çok tercih edilmektedir. Organik gıdaların üretiminde pestisit ve fungusit gibi sentetik kimyasalların kullanımı yasaktır (Tosun ve Kaya, 2010). Yapılan bir çalışmada araştırmacılar geleneksel gıdaların üretiminde pestisit ve herbisit kullanımının gıdaların içerdiği toplam antioksidan madde miktarını azalttığını bundan dolayı organik gıdaların toplam antioksidan madde miktarının geleneksel gıdalarla kıyaslandığında daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Asami vd., 2003).

Organik rnlerin tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilmesinin yanı sıra renk değerlerinin, şeker içeriğinin, β -karoten ve ellajik asit miktarının, antioksidan, antosiyanin, askorbik asit ve fenolik madde içeriğinin klasik yöntemden daha yüksek değerlerde olduğunu gösteren literatür çalışmaları izelge 2.1 ve 2.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Konvansiyonel ve organik çileklerin verimi ve bazı fizikokimyasal özellikleri

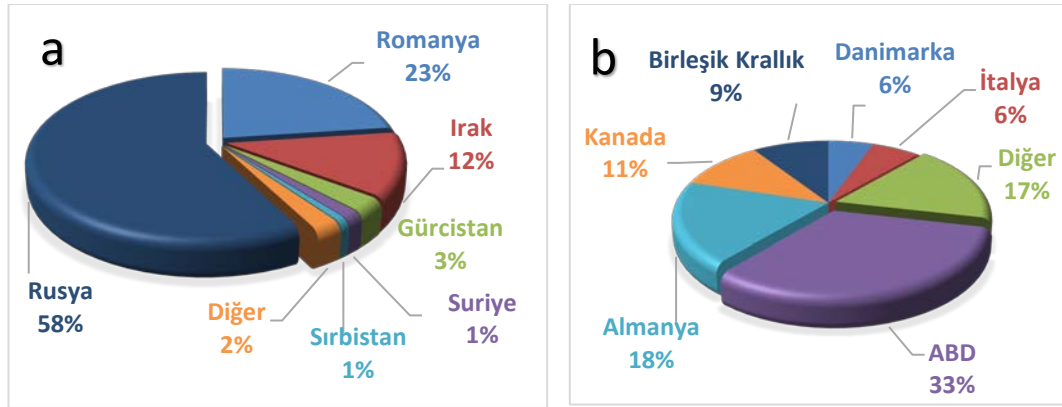
Değer	Konvansiyonel Çilek	Organik Çilek	Kaynaklar
Bitki başına verim	224.4 g	187.7 g	(Balcı ve Demirsoy, 2006).
Bitki başına meyve	48.1 adet	27.7 adet	(Conti vd., 2014)
Nem %	92.1	90	(Alibaş, 2012)
	87.5-94.7	91.9-93.2	(Ornelas-Paz vd., 2013)
	91.5	-	(Cam vd., 2018)
Su aktivitesi	0.991	-	(Contreras vd., 2007)
pH	3.16	3.09-3.31	(Yildiz vd., 2014)
	3.4-3.8	3.6-3.8	(Ornelas-Paz vd., 2013)
	4.2	4.13	(Ersoy ve ark., 2011)
Titrasyon Asitliği %	1.17	0.95-1.37	(Yildiz vd., 2014)
	0.5-0.8	0.7-0.8	(Ornelas-Paz vd., 2013)
	0.65-0.95	0.72-1.0	(Nunes ve Delgado, 2014)
	0.93	0.92	(Ersoy ve ark., 2011)
% SÇKM (°Brix)	6.90	6.60-7.13	(Yildiz vd., 2014)
	4.8-10.9	8.4-9.0	(Ornelas-Paz vd., 2013)
	7.4	8.1	(Conti vd., 2014)
	5.5-10.8	6.8-10.9	(Nunes ve Delgado, 2014)
	9.4	10.2	
SÇKM/TA	8.5-17	9.9-12.9	(Ornelas-Paz vd., 2013)
	10.1	11.1	(Ersoy ve ark., 2011)
Rehidrasyon oranı	2.01-2.88	-	(Alibaş, 2012).(Xu vd., 2021).
	2.90-6.0	-	(Cheng vd., 2014)
Renk	L	29-39.64	30-35.2 (Alibaş, 2012)
	a*	28.35-35.23	33.9-35.1 (Cam vd., 2018)
	b*	5.52-14.45	12.4-13.2 (Ornelas-Paz vd., 2013)
	C*	31-38.08	26.5-42.8 (Nunes ve Delgado, 2014)
	h°	10.5-22.39	9.5-18.2 (Xu vd., 2021)

Çizelge 2.2. Konvansiyonel ve organik çileklerin bazı biyoaktif bileşenleri, fonksiyonel ve duysal özellikleri

		Konvansiyonel Çilek	Organik Çilek	Kaynaklar
Askorbik asit içeriği a:(mg/100g ym) b:(mg / 100g km)		71.2 a	86.4 a	(Crecente-Campo vd., 2012)
		38.7 a	39-58 a	(Yildiz vd., 2014)
		19-110 a	78.1 a	(Ornelas-Paz vd., 2013)
		60-66 a	68-72 a	(Conti vd., 2014)
		620 b	710 b	(Nunes ve Delgado, 2014)
		517.9 b	-	(Cam vd., 2018)
Antioksidan Madde	TROLOX®	11.20 µmol T.E /g ym	8-12 µmol T.E /g ym	(Yildiz vd., 2014) (Ersoy vd., 2011)
	IC ₅₀ (%50 inhibisyon)	2.243 mg örnek/ mg DPPH	2.113 mg örnek/ mg DPPH	
		0.446		
	Antiradikal aktivite	39.99	0.473	
	% Demir bağlama	43.77	40.99	
	% H ₂ O ₂ bağlama		45.79	
Toplam Fenolik Madde içeriği (mg GAE/100 g ym)		138	170-228	(Yildiz vd., 2014)
		97-144	195.6	(Ornelas-Paz vd., 2013)
		170-212	208-228	(Nunes ve Delgado, 2014)
Antosiyanin a: (mg/100g ym) b: (µg/g taze çilek) c: (mg/100g km)		184-232 a	-	(Kalt vd., 1999; Wang vd., 1997).
		9.8 b	19.3 b	(Crecente-Campo vd., 2012)
		36.15 a	25.1-53.1 a	(Yildiz vd., 2014)
		18-60 a	56.4 a	(Ornelas-Paz vd., 2013)
		574.8 c	-	(Ornelas-Paz vd., 2013)
Pelargonidin-3-O-glukozit		10.7-46.8 a	39 a	(Cam vd., 2018)
Pelargonidin-3-O-rutinosit		1.3-5.5 a	12.6 a	
Siyanidin-3-O-glukozit		1.1-4 a	1.3 a	
β-karoten (µg / g km)		49.3	58.7	(Conti vd., 2014)
Ellajik asit (mg/100g ym)		18.56	15.18-26.36	(Yildiz vd., 2014)
Şeker içeriği a:(mg/100g ym) b:(mg / g km)	Glukoz	1225-1950 a	1988.5 a	(Ornelas-Paz vd., 2013)
		190.4 b	213.2 b	(Conti vd., 2014)
	Fruktoz	1690-2183 a	2323.4 a	
		191 b	194.7 b	
	Sukroz	515-2275 a	1574.8 a	
		101.2 b	130.6 b	
Duyusal Özellikler (1-beğenmedim. 5-çok beğendim)	Tazelik	2.7-4.4	3.5-4.6	(Nunes ve Delgado, 2014)
	Renk	3.6-4.5	3.5-4.7	
	Sertlik	3.0-4.6	3.3-4.8	
	Buruşma	4.0-4.6	4.3-4.7	
	Aroma	3.2-5	3.4-5	
	Lezzet	3.4-4.8	3.7-5	

Çileklerin yetiştirme tipine göre nitrat miktarı değişmektedir. Yetiştiricilikte insan sağlığı için potansiyel bir tehdit olarak kabul edilen nitratların miktarına ve birikimine dikkat edilmelidir. Yapılan bir araştırmada çilek meyvesinin nitrat miktarı (mg/g km) konvensiyonel üretimde 0.22, organik üretimde ise 0.16 olarak tespit edilmiştir. Kabul edilebilir günlük alımı 60 kg'lık bir yetişkin için 222 mg olan nitratın bu açıdan uygun organik gübre formunun seçimi ile bitkinin yenilebilir organlarında ve tüketimi sonucu insan vücudunda birikimi önlenabilir (Conti vd., 2014).

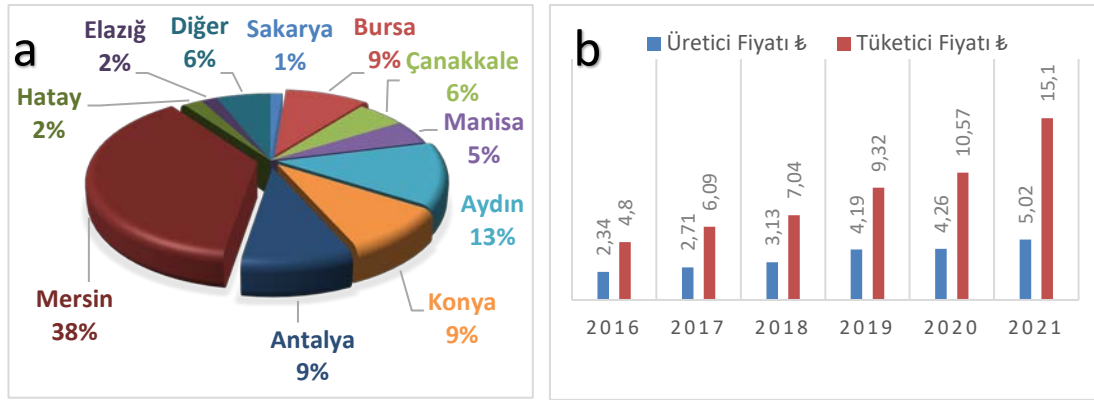
ABD, Avrupa Birliği ülkeleri, Avustralya ve İsrail organik yaş meyve ve sebze üretiminde önemli ülkelerdir. İngiltere batı Avrupa ülkeleri arasında en büyük organik ürün pazarına sahiptir ve bu pazarın yarısını kuru ve işlenmiş organik meyve ve sebzeler oluşturmaktadır (Gündüz ve Koç 2001). Sağlıklı ve çevre dostu gıdalara yönelik artan tüketici talebi nedeniyle Avrupa organik gıda pazarı, günümüzde en hızlı büyüyen (2006 ile 2017 arasında +%114) pazarlardan birisidir. 2015 yılında organik gıda pazarının değeri Norveç'te 352 milyon Euro, Romanya'da 80 milyon Euro ve ülkemizde 4 milyon Euro olmuştur (FIBL, 2017). Taze ve dondurulmuş çilek ihracatı yapılan ülkeler Şekil 2.2.'de verilmiştir. Rusya, Romanya ve Irak ihracat yapılan ülkeler arasında ilk üç sıradadır.



Şekil 2.2. 2020 yılında taze (a) ve dondurulmuş (b) çilek ihracatında önemli ülkeler (TEPGE, 2021, TOB, 2021).

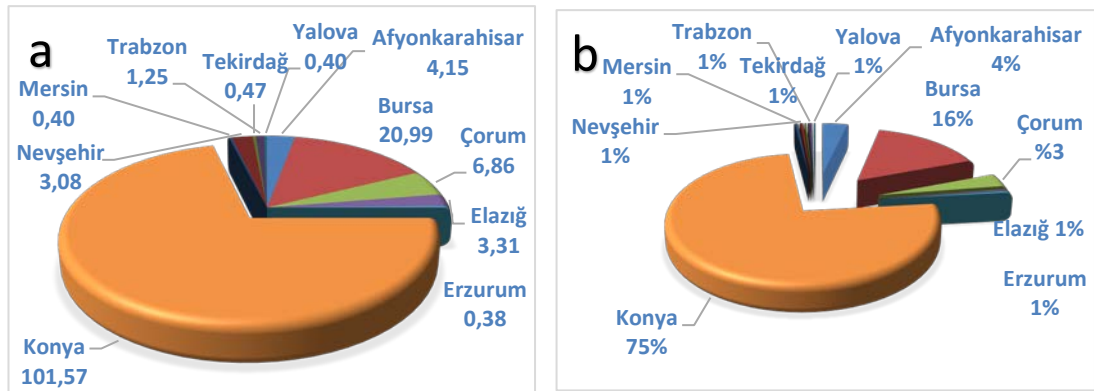
Ülkemizde illere göre toplam çilek üretim miktarları ve fiyatları Şekil 2.3'de, organik çilek üretim alanları ve miktarları Şekil 2.4'te verilmiştir (TEPGE ve TOB,

2021). Mersin, Aydın, Bursa, Konya ve Antalya sırasıyla en fazla çilek üretimi yapılan illerimizdir. Üretici ile tüketicinin fiyat farkı yaklaşık 3 kattır.



Şekil 2.3. 2020 yılı, Türkiye’de illere göre çilek üretim miktarları (a) ve ortalama fiyatları (b) (TEPGE, 2021, TOB, 2021).

Mersin ve Aydın illeri en fazla konvensiyonel çilek üretimine sahipken, Konya ve Bursa illeri en fazla organik çilek üretimine sahiptir. Çorum, Afyonkarahisar, Erzurum ve Nevşehir toplam konvensiyonel çilek üretiminde önemli bir paya sahip değilken organik çilek üretiminde önemli illerimizdendir. Ülkemizde 2019 yılında üretilen toplam çileğin % 1.19’u, 2020 yılında ise % 0.76’sı organik çilek üretimine karşılık gelmektedir (TOB, 2021).



Şekil 2.4. 2020 yılı, Türkiye’de il bazında organik çilek üretimi hektar (a) ve % miktarları (b) (TOB, 2021).

Günümüzde organik ürünler tüketiciler tarafından sadece ham halde değil, uygun hammaddelerden üretilen yemeye hazır gıda ürünleri veya uzun raf ömrüne sahip işlenmiş gıdalar gibi çeşitli ürünler olarak da talep edilmektedir (Asioli vd.,

2019). Brumfield vd., (2000) tarafından diğer üretim yöntemlerine kıyasla, başlangıçta organik üretimin daha az kar getirdiği fakat net kazanımların diğer sistemlerle neredeyse aynı olduğu bildirilmiştir. Sağlıklı nesiller yetiştirmek, toprağımızı, çiftçimizi korumak ve üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak açısından organik ürünlerin üretimi teşvik edilmelidir. Üretimden sonra ise taze çileğin morfolojik yapısı sebebiyle hassas olması ve raf ömrünün düşük olması sebebiyle hasat sonrası teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanımı bir zorunluluk haline gelmektedir (TOB, 2021).

2.3. Karbonik Maserasyon Ön İşlemi

Kullanılan mevcut kurutma sistemlerinde, bazı ürünlerin kurutulması oldukça uzun zaman almaktadır. Kurutmaların uzun sürmesi genellikle kurutulmuş ürünün kalitesinin düşmesiyle sonuçlanır (Wojdyło vd., 2009). Sıcak havayla kurutma işlemi, basit ve düşük yatırım maliyetine rağmen yüksek enerji tüketimine sahiptir (Liu vd., 2014). Ayrıca sıcak havayla kurutma yapılmadan önce bazı ön işlemler ile kuruma süresinde azalma sağlanarak enerji tüketimi ve emisyon değerleri azaltılabilir (Prosapio vd., 2017). Vakum uygulaması, daldırma, ozmotik dehidrasyon, darbeli elektrik alan gibi kurutma ön işlemleri nihai kurutulmuş ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir (Tylewicz vd., 2019). Bu bağlamda literatürde çok sayıda uygulanan ön işlem vardır. Bu ön işlemler, sodyum hidroksit çözeltisine (Floros ve Chinnan, 1989; Gould, 1983) veya metabisüfit çözeltisine daldırma (Baloch vd., 1997; Olorunda vd., 1990), sıcak buharda tutma (Schlimme vd., 1984; Shi vd., 1997) veya ağartma (Lewicki vd., 2002), dondurma (Brown vd., 1970; Leonard ve Winter, 1974) ve ozmotik dehidrasyon (Shi vd., 1999) olarak literatürde yer almaktadır.

Tüm ön işlemler, avantajlarının yanı sıra nihai kuru ürünlerde olumsuz etkilere de neden olabilmektedir. Karşılaşılan problemlerin üstesinden gelebilmek adına farklı kurutma metotları ve ön işlem uygulamaları geliştirilmiş olup bu uygulamalar tek başına veya çeşitli kombinasyonlar şeklinde kullanılmaktadır (Turgut vd., 2018). Kurutma öncesi yapılan ön işlem uygulamalarından birisi de karbonik maserasyon uygulamasıdır.

Karbonik maserasyon (CM) 1934 yılında Michael Flanzy tarafından keşfedilmiştir ve üzümlerden şarap yapımında nihai ürünlerin aromasını geliştirmek için kullanılmıştır (Flanzy, 1987). CM işleminin, hücre duvarının çökmesi ve hücre zarının hidrolizi gibi üzümün yapısında ve vakuolünde bazı fizikokimyasal değişimlere neden olduğu düşünülmektedir. CM tekniği son zamanlarda bazı meyve ve sebzelerin kurutulmasından önce bir ön işlem uygulaması olarak kullanılmaktadır. Bu teknik kurutma işleminde kullanıldığında kütle transferini artırarak kuruma süresini kısaltabilmekte ve kurutulan ürünün bazı kalite parametrelerinde iyileşme sağlayabilmektedir. Üstelik, karbonik maserasyonun neden olduğu düşük pH ortamı ve polifenol oksidaz (PPO), peroksidaz enzimlerinin (POD) inaktivasyonu, toplam fenolik madde miktarını ve antioksidan aktiviteyi daha iyi korumaktadır. CM yüksek verimli ve düşük maliyetli bir teknolojidir ve uygulanabilirliği oldukça yüksektir (An vd., 2020).

Meyve ve sebzelerin kurutulması için ön işlem uygulamalarının, kurutma yöntemlerinin veya optimum şartlar altında parametrelerin seçimi zor bir iştir (Piotrowski vd., 2021). Gıdalarda kurutma proseslerinde kullanılan ön işlemlerde, kimyasal kullanımının minimum düzeyde tutulması, artan çevre korumacı ilgi göz önüne alındığında verimli ve güvenli bir yöntem geliştirilmesi için önem arz etmektedir. Bu bağlamda, karbonik maserasyon ön işlemi geliştirilen ve kullanılan uygulamalardandır (Wang vd., 2014). Meyve ve sebze kurutma işleminde, ön işlem olarak karbonik maserasyonun kullanıldığı çalışmalar ve kurutma üzerine etkileri Çizelge 2.3’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.3. Karbonik maserasyon ön işlemi uygulanan kurutma çalışmaları

Materyal	Kurutma üzerine etki	Biyoaktif bileşen	Proses	Kaynaklar
Kırmızı üzüm	%65.15 ve %71.95 kuruma süresi azaldı.	-	Sıcak hava ve kızılötesi kurutma	(Tao, 2013)
Kapya biber	Kurutma hızı 1.5-1.85 kat arttı.	TFM %40-60, askorbik asit %121-582 daha iyi korundu.	Mikrodalga kurutma	(Liu vd., 2014)
Kırmızı üzüm	%31 kuruma süresi azaldı	Fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite daha iyi korundu.	Kızılötesi kurutma	(Wang vd., 2014)
Patates	Kuruma süresi azaldı. Efektif difüzivite arttı.	Fenolik maddeler flavonoidler, β -karoten, askorbik asit miktarı ve antioksidan aktivite daha iyi korundu.	Sıcak hava ile kurutma Mikrodalga Kurutma	(Zhao vd., 2016)
Çin eriği	%39 kuruma süresi azaldı.	%14.91-29.63 toplam antosiyaninler, %3.95-16.93 fenolikler, %11.10-23.10 flavonoidler ve %2.10-56.71 antioksidan madde miktarı daha iyi korundu.	Ozmotik ve Vakum kurutma	(An vd., 2018)
Domates		Daha yüksek likopen, β -karoten ve β - γ -tokoferol miktarı, 2.5 kat daha yüksek flavanoid miktarı tespit edildi.	Sıcak havayla kurutma	(Turgut vd., 2018)
Zencefil	%42 kuruma süresi azaldı.	6-gingerol 20.79%, 8-gingerol 37.27%, 10-gingerol 36.80%, 6-shogaol 68.53% daha iyi korundu, Antioksidan kapasitesi 1.20 ile 1.33 kat daha iyi korundu.	Vakum mikrodalga kurutma	(An vd., 2020)

Karbonik maserasyon ön işlemi uygulanarak yapılan bu kurutma çalışmaları, CM ön işleminin kurutma işlemini hızlandırmasının yanı sıra gıdaların besin değerlerini de daha iyi koruyabileceğini göstermektedir (Çizelge 2.3.). Bu nedenle, CM ön işleminin, tarımsal bazlı ürünün kurutma özelliklerini iyileştirmek ve besin değerlerini korumak için uygun bir alternatif teknik olduğu düşünülmektedir (An vd., 2020). Bununla birlikte, bir ön işlem tekniği olarak CM'nin ürün özellikleri üzerine etkileri hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. CM uygulaması sonucunda kurutma süresinin azalması beklenmektedir fakat, bu ön işlemin uygulanması için de belirli bir süre gerekmektedir. Bu nedenle, kurutmayı hızlandırmak amacıyla yapılan CM ön işleminin uygulama koşullarının

(uygulama süresi, sıcaklık ve CO₂ basıncı) optimizasyonu oldukça önemlidir (Turgut vd., 2018).

2.4. Kurutulmuş ve Yarı Kurutulmuş Çilek

Ülkemizde üretilen çileklerin büyük kısmının taze olarak tüketildiği bilinmektedir. Çileklerin hasat sonrası ömrü, oldukça kırılgan yapıları ve yüksek solunum hızları nedeniyle nispeten kısadır. Aynı zamanda, çürümeye ve mantar saldırılarına karşı oldukça hassastırlar. Bu problem, içerdikleri önemli biyoaktif bileşikleri de olumsuz olarak etkilemektedir (Alonzo-Macías vd., 2013). Günümüzde kullanılan mevcut çilek muhafaza yöntemlerinin yeni eğilimler ve bilimsel araştırmalar neticesinde geliştirilerek en uygun yöntemin belirlenmesi üretici, tüketici ve ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir (TEPGE, 2021).

En eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutma işlemi, gıda ürünlerinin besin bileşiklerinin daha iyi korunması sağlamakta, raf ömrünü uzatmakta ve paketleme, depolama, taşıma ve nakliye maliyetlerini azaltarak, ürüne sezon dışı da ulaşabilme imkânı sunmaktadır. Güneşte kurutma, sıcak havayla kurutma, mikrodalga kurutma, ozmotik dehidrasyon, köpük kurutma, püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve akışkan yatak kurutucuları ile kurutma meyve ve sebzeleri korumak için yaygın olarak kullanılan kurutma tekniklerindendir (Wojdyło vd., 2009).

Güneşte kurutma, tropikal ve subtropikal ülkelerde uzun yıllardır meyve ve sebzeleri kurutmak için kullanılmaktadır. Güneşte kurutma işlemi ekonomik, uygulaması kolay ve yaygın bir yöntemdir. Kurutma süresinin uzun olması, kurutmaya uygun sıcaklık ve nemde hava ihtiyacı, toz ve böcek zararlarına açık olması gibi bazı nedenlerle uygulaması kısıtlıdır. Yüksek kalitede kuru gıda üretilebilmesi için, kurutma süresi kısa, mahsul kayıpları az, daha iyi kalitede, hijyenik ve üniform ürün üreten, mekanik kurutma teknikleri kullanılmalıdır. Sıcak hava ile endüstriyel fırınlarda yapılan kurutma işlemi, kolay, yatırım maliyeti diğer kurutma sistemlerinden nispeten daha düşük, çok çeşitli gıdalara uygulanabilen, mevsimden ve hava şartlarından bağımsız, üretim kapasitesi

yüksek bir kurutma tekniğidir. Bu yöntemin mikrodalga ve infrared kurutma gibi yenilikçi yöntemlere kıyasla kuruma süresinin daha uzun olması ve yüksek sıcaklıklara çıkıldığında besin değeri kaybı gibi bazı dezavantajları da vardır. Vakum kurutma, mikrodalga kurutma, infrared kurutma, ozmotik kurutma ve sıcak hava ile kurutma sistemlerinin enerji tüketimleri ve verimliliklerinin araştırıldığı bir çalışmada mikrodalga ön işlemi ile sıcak hava kurutmanın birlikte kullanılmasının en iyi kurutma sistemi olduğu bildirilmiştir. Avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında konvektif kurutma, meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılan en yaygın yöntemdir (Motevali vd., 2011). Bu bağlamda çileklerin kurutulmasında daha çok konvektif kurutma tercih edilmektedir. Bakteriyel gelişimi önlemek için kurutulan gıdalarda nem içeriğinin %20-25'ten ve a_w 'nin 0.6'dan düşük olması gerektiği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (de Bruijn vd., 2016). Bir gıdanın su aktivitesi, gıdanın yapısında bulunan ve mikroorganizmalar tarafından kullanılabilen su miktarı olarak ifade edilmektedir. Gıdalar barındırdıkları nem miktarına göre; yüksek (a_w 0.90-1.00), orta (a_w 0.60-0.90) ve düşük nemli (a_w <0.60) olarak gruplandırılabilir (Özay vd.,1993).

Günümüzde işlenecek hammaddenin özelliklerinden mümkün olan en az seviyede ödün verilerek, kalitesi ve raf ömrü yüksek yeni ürünlerin üretimi araştırılmaktadır. Yarı kuru veya orta nemli gıdalar olarak adlandırılan bu ürünler taze halleri ile kıyaslandığında tat ve dokusu bakımından benzerlik göstermektedir. Orta nemli gıdalar; kurutulmuş ürünler içerisinde oldukça önemli yere sahip doğrudan tüketilebilen gıdalardır. Aynı zamanda yarı kuru gıdalar tat olarak taze ürüne daha yakındır (Uysal Seçkin ve Taşeri, 2015).

Yapılan araştırmalarda depolanma esnasında yarı kuru gıdaların kuru gıdalara nispeten mikrobiyel gelişime daha açık olduğu bildirilmektedir (Uysal Seçkin ve Taşeri, 2015). Orta nemli kurutulmuş gıdalarda genellikle bakteriyel gelişime rastlanmazken küf ve maya gelişimi görülebilmektedir (Özay vd.,1993). Bu bağlamda yarı kuru ürünlerin kalite ve besin değerlerini koruyabilmek için muhafaza süresince bazı koruyucu ilavesi veya ek işlemlere (vakum paketlenme, modifiye ambalaj paketlenme, hafif ısıl işlem uygulaması veya mikrodalga ile

sterilizasyon) ihtiyaç duyulabilmektedir (Uysal Seçkin ve Taşeri, 2015). Yarı kurutulmuş ürünler güvenle tüketilebilen ürünler olarak kabul görmektedir. Sadece 2011 yılında İngiltere’de yarı-kurutulmuş domates tüketiminden kaynaklı olduğu düşünülen Hepatit A virüsü vakası bildirilmiştir. (Carvalho vd., 2012). Bugüne kadar yarı-kurutulmuş gıda kaynaklı herhangi bir zehirlenme vakası kayıtlara geçmemiştir.

Kurutulmuş çilek üretiminde ön işlem uygulaması olmadan uygulanan prosesler ve yapılan analizler Çizelge 2.4’te özetlenmiştir.

Çizelge 2.4. Çilek kurutma üzerine yapılan çalışmalar

Kurutma Yöntemi	Kurutma derecesi	Yapılan analizler	Kaynaklar
Mikrodalga kurutma	Tam kuru	Renk ölçümü, Rehidrasyon oranı, Askorbik asit miktarı	(Alibaş, 2012)
Sıcak hava ile, dondurarak ve ani basınç düşürme uygulamasıyla kurutma	Tam kuru	Nem içeriği, Tekstür analizi, Taramalı elektron mikroskopu görüntüleme (SEM)	(Alonzo-Macías vd., 2014)
Sıcak hava ile kurutma	Tam kuru	Nem içeriği, Su aktivitesi (a_w), Rehidrasyon oranı, Askorbik asit miktarı, 2-furoylmethyl analizi, Duyusal analiz	(Gamboa-Santos vd., 2014)
Fan destekli mikrodalga kurutma	Tam kuru	Nem içeriği	(Karaaslan ve Balta, 2014)
Sıcak hava ile kurutma	Tam kuru	Nem içeriği, Hava hızı ve ürün boyutunun kurumaya etkisi	(Tan vd., 2016)
Vakumlu mikrodalga ile, hava ile ve dondurarak kurutma	Tam kuru	Renk ölçümü, Antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS), Polifenol içeriği, Toplam fenolik madde, Askorbik asit miktarı, Antosiyanin içeriği	(Wojdyło vd., 2009)
Sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma ve dondurarak kurutma	Tam kuru	Nem içeriği, Taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme, Tekstür analizi	(Piotrowski vd., 2021)

Tam ve yarı kurutulmuş çileklere uygulanan farklı ön işlemler, kurutma prosesleri ve yapılan analizler Çizelge 2.5’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.5. Çileklerin kurutulmasında ön işlem uygulanan çalışmalar

Kurutma Yöntemi	Ön işlem	Kurutma derecesi	Yapılan analizler	Kaynaklar
Dondurarak kurutma	Ultrases uygulaması	Tam kuru	Nem içeriği, Taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme, Tekstür analizi, Rehidrasyon oranı	(Cheng vd., 2014)
Mikrodalga kurutma. sıcak hava ile kurutma	Ozmotik daldırma	Tam kuru	Nem içeriği, SÇKM ($^{\circ}$ Brix), pH, Tekstür, kalorimetre (DSC), Su aktivitesi (a_w), Galakturonik ve üronik asit içeriği	(Contreras vd., 2007)
Sıcak hava ile kurutma	Etil oleat çözeltisine daldırma	Tam kuru	Nem içeriği, Rehidrasyon oranı	(Doymaz, 2008)
Güneşte kurutma (Fan desteği ile)	Sodyum metabisülfite, sitrik asit, askorbik asit çözeltilerine daldırma	Tam kuru	Nem içeriği, pH, ham yağ, protein, İndirgen şeker ve kül içeriği, Titrasyon asitliği, Rehidrasyon oranı, Askorbik asit miktarı, Tesktür, Duyusal analiz	(El-Beltagy vd., 2007)
Dondurarak kurutma	Atımlı elektrik alan uygulaması	Tam kuru	Renk ölçümü, Taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme, Mikro-CT resim işleme, Termogravimetri ölçümü	(Lammerskitten vd., 2020)
Isı pompalı kurutma	Beyazlatma (Blanching)	Tam kuru	Renk ölçümü, Sinamik asit miktarı, Antioksidan aktivite	(Minh vd., 2019)
Vakumlu dondurarak kurutma	Ultrases ve Ultra yüksek basınç uygulaması	Tam kuru	Uçucu bileşen analizi, Şeker ve organik asit içeriği, Elektronik dil analizi ve duyusal analiz	(Wang vd., 2022)
Vakumlu dondurarak kurutma	Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon uygulaması	Tam kuru	Nem içeriği ve kuru madde, Renk ölçümü, Taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme, MRI görüntüleme, Rehidrasyon oranı, Tekstür, Elektronik burun analizi, Antosiyanin madde miktarı ve askorbik asit içeriği, Toplam fenolik madde, Antioksidan kapasite	(Xu vd., 2021)

Çizelge 2.5. Çileklerin kurutulmasında ön işlem uygulanan çalışmalar (Devamı)

Kurutma Yöntemi	Ön işlem	Kurutma derecesi	Yapılan analizler	Kaynaklar
Vakumlu dondurarak kurutma	Yüksek hidrostatik basınç uygulaması	Tam kuru	Nem içeriği, MRI görüntüleme, taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme, toplam antosiyanin içeriği, çözünür pektin, protopektin ve selüloz içeriği, doku analizi	(Zhang, 2020a) vd.,
Dondurarak kurutma	Ultrases destekli yüksek hidrostatik basınç uygulaması	Tam kuru	Nem içeriği, renk ölçümü, duyu analizi, enerji tüketimi analizi	(Zhang vd., 2021)
Vakumlu dondurarak kurutma	Ultrases destekli yüksek hidrostatik basınç uygulaması	Tam kuru	Nem içeriği, renk ölçümü, taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme, NMR ile görüntü analizi, toplam antosiyanin, flavanoid fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite, elektronik burun analizi, doku analizi, enerji tüketimi analizi	(Zhang, 2020b) vd.,
Sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma	Ozmotik daldırma	Tam kuru	Nem içeriği, su aktivitesi (a_w), rehidrasyon oranı, doku analizi ve taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme	(Prosapio ve Norton, 2017)
Sıcak hava ile kurutma	Vakum uygulaması ve sukroz içeren yaban mersini çözeltisine daldırma	Yarı kuru	Hacim ölçümü, renk ölçümü, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, tekstür ve duyu analizi	(Tylewicz vd., 2019)

Çizelge 2.4 ve 2.5'te verilen kurutma prosesleri içerisinde mikrodalga gibi yenilikçi birçok kurutma tekniği araştırılmış olsa da tüketiciler genel olarak sıcak hava ile kurutulan ürünleri daha çok tercih etmektedir. Yapılan bir çalışmada spesifik olarak, tüketicilerin en geleneksel (termal) havayla kurutma ve en yenilikçi (termal olmayan) mikrodalga kurutma gibi, kullanılan kurutma teknolojilerine göre değişen organik kurutulmuş çilek tercihleri araştırılmıştır (Asioli vd., 2019). Bu çalışmada üç Avrupa ülkesinde (Norveç, Romanya ve Türkiye) toplam 614 tüketiciden veriler çevrimiçi bir anket yoluyla toplanmıştır. Sonuçlar, tüketicilerin ortalama olarak hava kurutma teknolojisi ile üretilen, ulusal menşeli, doğal besin içeriği ve düşük fiyatlı organik kurutulmuş çilekleri

tercih ettiğini, ancak ülke ve bireysel farklılıkların tespit edildiğini göstermektedir. Mikrodalga ile kurutulan ürünleri en fazla reddeden tüketiciler, çoğunlukla Türkiye'den organik, doğal ve ekolojik ürünler için daha olumlu tutumlara sahip ve daha yaşlı insanlar olduğu bildirilmiştir.

Türkiye'nin ihracat kalemleri içerisinde kurutulmuş ürünlerin ülkelere göre sırası değişmekle beraber ortalama ilk beş ülke içerisinde yer almaktadır ve kuru ürünler ülkemize en çok gelir sağlayan ihraç kalemlerinden birisidir (UİB 2017). Ülkemiz 2017 verileri incelendiğinde %19'luk kuru meyve üretimi ile dünyada birinci sıradadır. Türkiye'nin toplam ihracat tutarı içerisinde kuru meyve ve bunlardan üretilen ürünlerinin toplam miktarı yaklaşık 1.31 milyar dolardır. Kurutulmuş meyve ve sebzelerin sektör bazında ihracat verileri değerlendirildiğinde yıllık %6.1'lik paya sahip olduğu görülmektedir (INC, 2017).

Sıcak havayla tam ve yarı kuru çilek kurutma işlemi üzerine yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir: Alonzo-Macías vd., (2014) çilekleri dondurarak ve ani basınç düşürme uygulaması ile sıcak havayla kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve bu yöntemlerle kurutulan ürünler tekstürel açıdan kıyaslanmıştır. Ani basınç düşürme uygulaması ile sıcak havayla kurutma işleminin kurutulan çileklerin daha gevrek bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Gamboa-Santos vd., (2014) çileklerin konvektif kurutulması esnasında Maillard reaksiyonunun (2-furoylmethyl amino asit) başlangıç basamaklarının göstergeleri ile C vitamini tayininin faydası üzerine bir çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak, çileklerin rehidrasyon kabiliyeti ve duyu özellikleri de incelenmiş, yüksek besin değerine sahip kurutulmuş çilekler ve tüketiciler tarafından kabul edilebilir ürünler elde etmek için konvektif kurutma sisteminin uygunluğuna işaret edilmiştir. Tan vd., (2016) yaptıkları çalışmada, sıcak hava ile çilek kurutma prosesini uygulamalı ve teorik olarak incelemiştir. Kurutma denemelerinde hava hızının etkisini araştırmak için çileklerden 1 cm kalınlığında dilimler keserek 70°C hava sıcaklığında, 0.5, 1 ve 2m/s hava hızlarında 5 saatlik sürelerde denemeler yapmıştır. Kurutma hava hızının 0.5'ten 2 m/s'ye yükseltilmesinin kuruma süresinde ortalama %17 azalma sağladığını öne sürmüştür. Wojdyło vd., (2009) tarafından yapılan bir çalışma vakumlu mikrodalga, sıcak hava ve

dondurarak kurutma ile çileklerin kurutulması karşılaştırılmıştır. Ellajik asit ve flavanol içeriklerinin kurutma teknikleri ve çeşitten etkilendiği, kurutma işlemiyle antosiyaninler, flavanoller, askorbik asit ve antioksidan aktivitenin azaldığı tespit edilmiştir. Piotrowski vd., (2021) tarafından dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma ve vakum kurutma yöntemleri ile kurutulan çileklerin aroma ve tekstür özellikleri incelenmiştir. Çeşitli kurutma yöntemleri arasında aynı sıcaklıkta (45  C) vakum kurutma ile üretilen çileklerin, konvektif kurutma ile üretilen çileklerden daha yüksek sertliğe, dondurularak kurutma ile üretilenlere göre önemli ölçüde daha düşük sertliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin, doku ve tat dahil olmak üzere duyuşal profile değişikliklere neden olduğu vurgulanmıştır. Tylewicz vd., (2019) ileklere vakum ve sukroz içeren yaban mersini çözeltisine daldırma n işlemlerini uygulayarak sıcak hava akımında kurutmıştır. Yapılan çalışmada ön işlem uygulaması ile toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite kontrol örneklerinden daha yüksek, sertlik ve kabuk direnci gibi tekstür özellikleri daha zayıf bulunmuş fakat yapılan duyuşal analizlerde bütün örneklerin tüketicici kabul edirlilik seviyesinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Prosapio ve Norton, 2017 yılında ozmotik dehidrasyon ön işlemi uygulaması ile dondurarak kurutma yöntemiyle ilek kurutmıştır. Dondurarak kurutma ve ozmotik dehidrasyon uygulaması ile dondurarak kurutmayı endüstriyel ölçekte geleneksel kurutma ile karşılaştırmış, geleneksel yöntemin incelenen çevresel kategoriler açısından daha yüksek emisyon ürettiğini ve daha uzun kurutma süresine sahip olduğunu bildirmiştir. Minh vd., (2019) ilek örneklerine ağartma (water blenching) işlemi uyguladıktan sonra ısı pompalı kurutucuda kurutmıştır. En uygun kurutma şartlarını çilekleri %0.2 kalsiyum laktat çözeltisinde 10 saniye sürede 95 C sıcak suda haşladıktan sonra ısı pompalı kurutucu ile 50 C'de %12 neme kadar düşürülmesi olarak bildirmiştir. Ayrıca kurutulmuş çileklerin yüksek antioksidan aktivite gösterebilmeleri için 4 C'de PET/AL/PE torba içinde vakum altında depolanması gerektiğini bildirmiştir. El-Beltagy vd., (2007) sodyum metabisülfit, sitrik asit, askorbik asit çözeltilerine daldırma n işlemlerini uyguladıkları ilek örneklerini elektrikli fan desteğiyle güneş altında kurutma yöntemiyle kurutmıştır. Kuruma süreleri bütün, yarım, çeyrek ve halka dilim ilek için sırasıyla 28, 26, 20 ve 24 saattir. n işlem ve dilimleme çileğin kimyasal bileşimini

etkilememiştir. Yüzey alanının artması C vitamini kaybını artırmıştır. Kurutma sırasında %2 sodyum metabisüfit içinde bekletilerek ön işlem uygulanan yarımalar, çeyrekler ve halkalar en yüksek (pH) ve rehidrasyon oranına sahip örnekler olarak bulunmuştur. Doymaz, (2008) alkali etil oleat çözeltisine daldırma ön işlemi uyguladığı çilek örneklerini laboratuvar tipi kurutucuda 1.2 m/s sabit hava hızında, 50, 55 ve 65 °C sıcaklıklarda kurutmuş, logaritmik modelin hem 50 hem de 55°C sıcaklıkları için çileğin kuruma özelliklerini tanımlamada daha iyi bir model olduğunu bildirmiştir. 65°C sıcaklıkta yapılan kurutma için Wang ve Singh'den elde edilen modellerin diğer modellere göre daha uygun olduğunu belirtmiştir.

2.5. Proses Optimizasyonu

Gıdaların muhafaza edilmesi büyük miktarda enerji gerektirmektedir ve bu da özellikle sera etkisinin en büyük sorumlusu olan karbondioksit gazı başta olmak üzere çevrede yüksek kirletici emisyonlara neden olmaktadır (Manfredi ve Vignali., 2015). Bu nedenle, en çok enerji tüketen adımları belirlemek ve emisyonları en aza indirmek için ilgili enerji tüketimini mümkün olduğu kadar düşürebilmek oldukça önemlidir (Prosapio vd., 2017). Enerji tüketen adımları belirlemek, üretim maliyetini düşürmek, en uygun sıcaklık derecesinde biyoaktif bileşenleri koruyarak canlı renkte ürün üretebilmek ve üretilen ürünleri doğru şekilde muhafaza etmek ancak prosesin ve ön işlemlerin bütün şartlarının araştırılarak optimum değerlerde uygulanması ile mümkündür.

Bilimsel çalışmalarda gerçekleştirilecek işlemin planlanması, anlaşılması ve açıklanabilmesi için; proses üzerinde etkisi olan bütün faktörlerin belirlenmesi ve birbiri ile etkileşimlerinin incelenmesi ve daha sonra bu faktörlerin optimize edilerek modellenmesi gerekmektedir. Optimizasyon sonucunda elde edilen bu matematiksel modeller çalışmada yer alan değişkenlerin bir fonksiyonudur. Üretilen modeller kullanılarak prosesler uygulanmadan önce teorik tahminler yapılabilir, sistem tasarımları geliştirilebilir ve laboratuvar ölçekli çalışmalardan endüstriyel sistemlere geçişlerde hem zaman hem de maliyet açısından avantaj sağlayabilir. Ayrıca modelleme gerçekleştirilen çalışmanın uygulama maliyetini

ve denemelerin gerçekleştirileceği zamanı azaltmaktadır. Sağladığı avantajlar değerlendirildiğinde yapılacak olan çalışmaların optimize edilmesinin gerekliliği daha iyi anlaşılmaktadır (Tunç vd., 2014).

Proseslerde iyileştirme için birçok farklı alanda ve gıda mühendisliğinde yanıt yüzey yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Proses optimizasyonu, kullanılan kaynakları optimize ederek hazırlanan, besinsel ve fonksiyonel özelliklerini minimum düzeyde etkileyen ve hatta iyileştiren çevre dostu gıda ürünlerinin kalitesini ve güvenliğini sağlamayı amaçlayan bir yöntemdir (Tylewicz vd., 2019). Çalışmada kullanılan yanıt yüzey yöntemi, istatistiksel optimizasyon yöntemlerinden birisidir. Bu yöntem gıdaların işlenmesinde maliyet, verim ve ürün kalitesinin yüksek olması için uygulanan ve optimizasyon içeren bir tekniktir. Proses üzerinde doğrudan etkisi olan değişkenler bağımsız, bu etkilere karşılık alınan yanıtlar ise bağımlı değişkenler olarak tanımlanmaktadır. Optimum değerler, birkaç farklı yöntemle belirlenebilmektedir. Yaygın olarak kullanılan yöntem, istenilen hedefe ulaşılabilirlik fonksiyonu (desirability) veya yanıtların izohips eğrilerinin çizilerek üst üste yerleştirilmesidir. Diğer bir yöntem lineer olmayan programlama yaklaşımları kullanılarak optimum noktanın belirlenmesidir (Tunç vd., 2014).

Literatürde tam veya yarı kurutulmuş çileklerin karbonik maserasyon ön işlemi ile kurutulması üzerine herhangi bir çalışma yoktur. Yarı kurutulmuş çilek üretimi üzerine literatürde bir adet (Tylewicz vd., 2019) çalışma vardır. Çileklerin kurutulmasında yanıt yüzey optimizasyonu kullanılan çok az çalışma vardır (Alonzo-Macías vd., 2013). Kurutulmuş çileklerin depolanmasında en uygun şartları araştıran sınırlı sayıda literatür vardır (de Bruijn vd., 2016, Minh vd., 2019, Beuchat ve Mann, 2014). Bu bağlamda gerçekleştirilen tez çalışması özgün olup literatüre katkıda bulunacak niteliktedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan çilek materyalin temini için, ülkemizde organik çilek üretiminde ilk sıralarda yer alan Konya bölgesi tercih edilmiştir. Bölgenin iklim koşullarının sağladığı avantaj sayesinde çileklerin hasatı Mayıs ayında başlayıp Ekim ayının sonlarına kadar devam etmektedir. Bölgeden getirilen farklı çilek çeşitlerinin kuru madde miktarları ve duysal özelliklerine göre ön denemeler yapılmış, Albion çilek çeşidi materyal olarak seçilmiştir. Çalışmada kullanılan organik Albion çilek çeşidi Konya ili, Hüyük ilçesinde (TR-OT-014-081/02-32 sertifika numaralı) yerel bir çiftçiden temin edilmiştir. Çileklerin temin edildiği tarla ve yetiştirilen çilekler Şekil 3.1’de verilmiştir. Albion, gün nötr bir çeşittir. Gün uzunluğuna bağlı kalmaksızın, dikimden 3 ay sonra çiçek tomurcuğu oluşturur ve sezon boyunca devam eder. Koyu kırmızı renkli, iri meyveli, sert, konik biçimli, aroma ve şeker oranı yüksek olan bir çeşittir (Türemiş ve Ağaoğlu, 2013).



Şekil 3.1. Materyalin temin edildiği tarlanın ve organik sertifikalı çileklerin genel görünüşü

Çilekler seçilen tarlanın belirlenen sıralarından ve aynı cephesinden alınmıştır. Çilekler hasat edilirken boyut ve rengin (kırmızı) homojen olmasına dikkat edilmiştir. Hasat 4 Haziran- 4 Eylül 2019 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. 50 kilogramlık partiler halinde hasat edilen çilekler plastik kasalara konularak 2 saat

içerisinde laboratuvara getirilmiş ve kurutma işlemine kadar buzdolabı sıcaklığında (4°C), ezilmeyecek ve zarar görmeyecek şekilde muhafaza edilmiştir.

Ön deneme çalışmaları yapılarak farklı sıcaklıklarda, farklı maserasyon koşullarında, farklı kesim şekil ve kalınlıklarında kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ön çalışmalarda karbonik maserasyon işleminin çileğin renk, tat, kokusunda ve kurutulmasında olumsuz bir etkisi gözlenmemiştir. Endüstriyel olarak kuru çilek üreten firmaların kesim şekilleri ve kesme makinaları araştırılmış ve çalışmamızda bu kesim şekline benzer şekilde 6-7mm kalınlıkta dilimler şeklinde kesim yapılmıştır (Zhang, vd., 2020a).

Yöntem kısmında yazılan analizlerin tamamlanabilmesi için yaklaşık olarak 290 g kuru örnek gerektiği hesaplanmıştır. Yapılan denemelerde yaklaşık olarak 7-8 kg taze çilekten 1 kg kuru çilek elde edildiği anlaşılmıştır. Belirlenen kuru örnek miktarı için yaş çilek tartım ağırlığı 1900-2200 g olarak tahmin edilmiştir. Tartım işleminden sonra kesilip CM işlemi için tepsilere aktarılan çilekler Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Tartılan ve hazırlandıktan sonra kesilip CM işlemi için tepsilere aktarılan çilekler

Çilekler laboratuvara getirildikten sonra, her kurutma işlemi öncesinde yaklaşık 20 g örnek hızlı nem tayin cihazına konulmuş ve taze çileğin yaklaşık nem oranı hesaplanmıştır. Nem oranı örneklerin kurutmasının ne zaman tamamlanacağını yaklaşık olarak hesaplanmasında kullanılmıştır. Çileklere sırasıyla sap ayırma,

tartım, saf su ile yıkama ve kurulama işlemleri uygulandıktan sonra kesme işlemi yapılarak örnekler CM ve kurutma işlemleri için hazır hale getirilmiştir.

3.2. Yöntem

Deneme planının oluşturulması ve kurutma işlemlerinin uygulanması;

Deneme planı Minitab istatistik paket programı ile yanıt yüzey yöntemi-merkezi karma tasarım modeli kullanılarak 3 bloklu, 30 toplam deneme sayılı, CM basıncı, CM sıcaklığı, CM süresi ve kurutma sıcaklığı bağımsız değişkenleriyle oluşturulmuştur. Çizelge 3.1’de bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme desninde kullanılan bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri

Bağımsız Değişkenler	Faktör Seviyeleri		
	-1	0	1
X1: Maserasyon Sıcaklığı (°C)	4	22	40
X2: Maserasyon Basıncı (bar)	1	2.5	4
X3: Maserasyon Süresi (sa)	4	14	24
X4: Kurutma sıcaklığı (°C)	50	60	70

Yanıt yüzey yöntemi, merkezi karma deney tasarımı model optimizasyonunda kullanılmıştır. Model iki faktörlü, ikinci dereceden polinomik eşitliğe göre değerlendirilmiş, genel yazılışı aşağıda (3.3) verilmiştir.

$$Z = \beta_0 + \sum_{i=1}^4 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^4 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^4 \beta_{ij} X_i X_j \quad (3.1)$$

Eşitlikte yer alan Z bağımlı değişken, X bağımsız değişken, β_0 sabit katsayı, β_i birinci dereceden denklem katsayısı, β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır.

Çilekler kalınlık ayarı yapılabilen keskin bir meyve-sebze doğrayıcı aparat yardımı ile 7mm kalınlıkta kesilmiştir. Kurutma işlemi endüstriyel tip tepsili kurutucu (Tk-Lab, EKSİS Makine, Isparta, Türkiye) kullanılarak, 1.5 m/s hava akış hızında, 15 d/dk tepsi dönüş hızında, ± 1 °C sıcaklık hassasiyeti ile istenilen

kurutma sıcaklığına gelene kadar fırın önceden ısıtıldıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.2’de özetlenen çalışma sırasına uyularak, çilekler önce CM uygulamasına ardından ise kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Çizelgede ayrıca her bir kurutmanın başlangıç taze ürün ağırlığı, kuru ürün ağırlığı ve CM işlemi sonrasında ölçülen nem miktarları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yanıt yüzey yöntemi ile oluşturulan çalışma planı ve yapılan kurutmaların bazı değerleri

Deneme	Maserasyon			Kurutma		Kurutma	Başlangıç	CM
	Sıcaklığı	Süresi	Basıncı	Sıcaklığı	Süresi (dk)	Sonrası Ağırlık (g)	Ağırlığı (g)	Sonrası % Nem
1	4	14	2.5	60	270	374	2334	85.34
2	22	24	2.5	60	225	310	1875	84.33
3	22	14	2.5	50	500	352	2168	85.26
4	40	14	2.5	60	195	300	1869	80.71
5	22	4	2.5	60	290	353	2371	85.1
6	22	14	2.5	70	225	290	2105	87.44
7	22	14	1	60	247	355	2047	84.34
8	22	14	2.5	60	320	290	2047	87.44
9	22	14	4	60	265	290	2061	87.48
10	22	14	2.5	60	260	310	2078	85.62
11	31	19	3.25	65	175	306	1916	85.26
12	13	9	3.25	65	195	294	2021	85.2
13	22	14	2.5	60	250	298	2007	88.05
14	13	19	3.25	55	255	309	1978	84.44
15	31	9	1.75	65	210	318	1984	84.34
16	13	9	1.75	55	330	325	2026	86.52
17	13	19	1.75	65	205	301	1998	84.13
18	31	9	3.25	55	340	336	2002	82.38
19	22	14	2.5	60	250	325	2034	84.94
20	31	19	1.75	55	295	320	2034	82.87
21	13	19	1.75	55	325	320	2018	85.87
22	22	14	2.5	60	210	316	2037	85.55
23	31	19	1.75	65	200	314	1980	85.76
24	31	9	3.25	65	210	312	1994	85.73
25	13	19	3.25	65	185	306	2082	86.69
26	31	19	3.25	55	260	305	1854	86.37
27	31	9	1.75	55	310	313	1940	84.02
28	13	9	1.75	65	190	317	2035	84.52
29	22	14	2.5	60	235	310	2102	84.41
30	13	9	3.25	55	285	323	2264	87.13

Kurutulan bütün örnekler homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra 3 ayrı parçaya bölünerek vakum altında paketlenmiştir. Daha sonra analizlerin

gerçekleştirileceği aşamaya kadar derin dondurucuda -45°C'de muhafaza edilmiştir.

Şekil 3.3'de çileklerin CM işlemi uygulandıktan sonra tam kuru çilek üretiminden görüntüler paylaşılmıştır



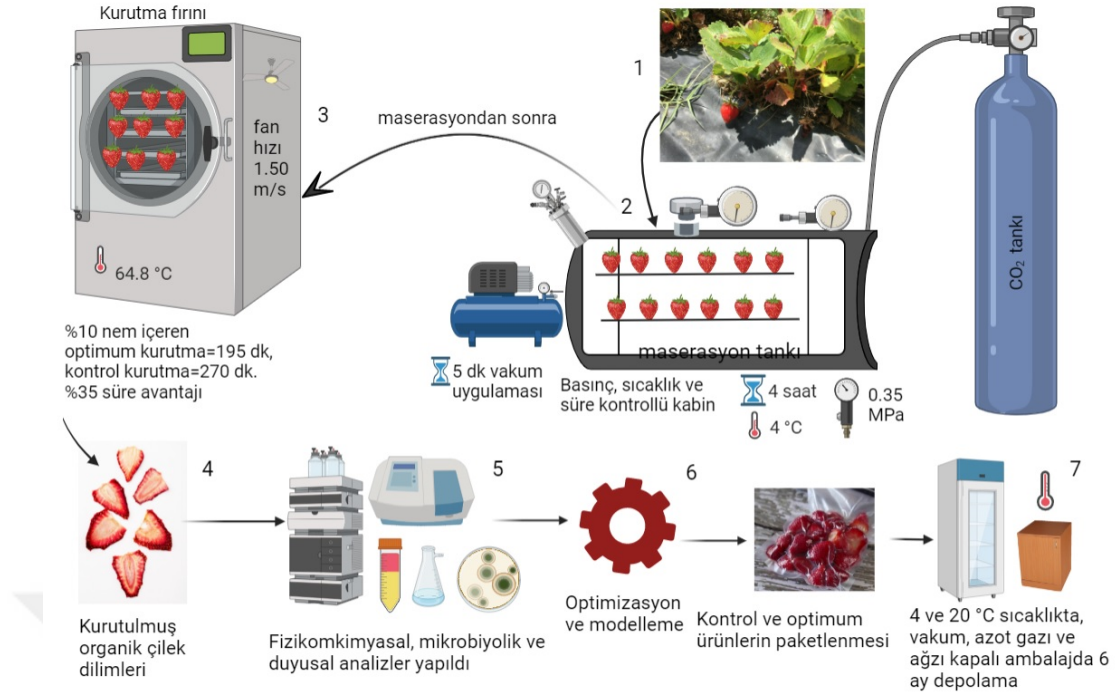
Şekil 3.3. CM uygulanmış, yarı ve tam kurutulmuş organik çileklere ait görüntüler

Çalışmada kullanılan kurutma fırını sıcaklığı, ağırlık, nem, tepsi dönüş hızı ve hava akış hızı kontrol edilebilmektedir. Kurutma fırınının PLC kontrol paneli ve kaydedilen ağırlık verisi Şekil 3.4'te sunulmuştur. Kurutma sırasında kaydedilen veriler daha sonra değerlendirilerek sıcaklıkta dalgalanma olup olmadığı, kurutma süresi ve ağırlığın zamana göre değişimi incelenmiştir.



Şekil 3.4. Kurutma fırını PLC kontrol ekranı ve ağırlık takibinin bir görüntüsü

Çileklerin hasat edilmesinden sonra kurutulana kadar, kurutulduktan sonra ise depolama aşamasına kadar uygulanan işlemler ve işlem şartları Şekil 3.5'te şematik olarak özetlenmiştir.



Şekil 3.5. Organik çileklere uygulanan işlemlerin şematik gösterimi

3.3. Analizler

Çalışmada taze ve kurutulan örneklerle uygulanacak analizler, yapılan literatür çalışmaları incelenip laboratuvarında bulunan ve hizmet alımı yapılabilecek imkanlar araştırıldıktan sonra belirlenmiştir. Bu bağlamda çalışmada toplam 18 adet analiz belirlenmiş ve uygulanmıştır.

Analizlerin gerçekleştirilmesinde sitrik asit, fosforik asit, hidroklorikasit, asetik asit, sodyum karbonat (Na_2CO_3), 2,2-difenil1-pikril-hidrazil (DPPH), 2,2'-azinobis, 3-etilbenzothiazollin-6-sulfonik asit (ABTS), gallik asit, Tris-HCL, sodyum nitrit (NaNO_2), HMF standardı ve antosiyanin standartları (P3G, S3G, S3R) (Sigma, Darmstadt, Almanya), Folin-Ciocalteau, metanol (%99.9), aseton (%99.9), meta-fosforik asit ve L-askorbik asit (Merck, Darmstadt, Almanya), PCA besiyeri ve PDA besiyeri (CondaLAB, Madrid, İspanya), 0.45µm HPLC filtreleri ve steril kullanıma hazır petriler (Isolab, Wertheim, Almanya) kullanılmıştır.

Örnek hazırlama: Çalışmada kullanılan çilekler laboratuvar tipi parçalayıcıda (T-18 basic homojenizatör, IKA, Almanya), kurutulmuş örnekler ise rehidrasyon

sonrası aynı yöntem ile parçalanarak homojenize edilmiştir. Çalışmada toplam fenolik madde ve antioksidan madde analizleri için gereken ekstraktların eldesinde Alonzo-Macías vd., (2013) tarafından yayınlanan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Öğütülmüş kuru çilek örneğinden 1 g tartılarak üzerine HCl: metanol (1:99, v:v) karışımından 20 ml eklenmiş, 2 dakika vortekslenip 4 saat karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra tüpler 10 dakika süre ile 4 °C'de soğutmalı santrifüj cihazında 4000 rpm'de santrifüj edilerek ekstraksiyon tamamlanmıştır.

3.3.1. Asitlik ve pH değeri tayini

Çilek örneklerinde (%) asitlik değeri sitrik asit eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Örneklerin pH değerleri hazırlık aşaması sonrasında potansiyometrik olarak pH metre (Sevencompact pH metre, Mettler-Toledo, Greifensee, İsviçre) ile okunmuştur.

3.3.2. Çözünür kuru madde tayini

Tüm ölçümler, refraktometre cihazı (Hanna HI96801, Romanya) ile oda sıcaklığında yapılmıştır. Değerler briks derecesi (°Bx) cinsinden ifade edilmiştir.

3.3.3. Su aktivitesi tayini

Örneklerde su aktivitesi (a_w) ölçümü, elektronik a_w ölçüm cihazı (Novasina TH 200, Axair Ltd, İsviçre) ile oda sıcaklığında yapılmıştır. Kullanılan cihaz otomatik sıcaklık düzeltme fonksiyonuna sahiptir.

3.3.4. Nem içeriği ve toplam kuru madde tayini

Nem tayini için analizden önce etüvde bekletilerek sabit tartıma getirilmiş ve desikatörde soğutulmuş kurutma kaplarına 1/1000 g hassasiyette örnekler tartılmıştır. Kaplar daha sonra kurutma fırınına yerleştirilerek, sabit tartıma

gelmeleri beklenmiştir. Sonuçlar kuru maddede bulunan nem miktarı olarak verilmiştir (Anonim, 2005).

3.3.5. Kolorimetrik renk tayini:

Çilek örneklerinin yüzey rengini belirlemek amacıyla renk ölçüm cihazı (NH-310 Kolorimetre, 3nh technology Co. LTD, Çin) kullanılmıştır. Renk değerleri renk cihazıyla CIE L*a*b* 10°/D65 renk uzaylarını kullanarak çileklerin dış ve iç yüzeylerinin farklı bölgelerinden 6 defa okunmuştur. L* açıklık değeri 0 (ideal siyah nesne) ile 100 (ideal beyaz nesne) arasında değişir. CIE L*a*b* sisteminde a* ve b* renk koordinatlarıdır. Pozitif a* değeri kırmızı yönü, negatif a* değeri ise yeşil yönü gösterir; pozitif b* değeri sarı yönü, negatif b* değeri ise mavi yönü göstermektedir (Minolta, 1998). Üç türetilmiş renk parametresi hue açısı (h°), kroma değeri (C*) ve esmerleşme indeksi (BI) aşağıdaki eşitlikler (3.2, 3.3 ve 3.4) kullanılarak hesaplanmaktadır (Palou vd., 1999).

$$h^{\circ} = \arctan(b^*/a^*), \quad \text{eşitlik (3.2)}$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{eşitlik (3.3)}$$

$$BI = \frac{[100(x-0.31)]}{0.17} \quad X = \frac{(a^*+1.75L^*)}{(5.645L^*+a^*-3.012b^*)} \quad \text{eşitlik (3.4)}$$

3.3.6. Rehidrasyon oranı

Kurutulan çileklerin rehidrasyon işlemi, 20±1°C sıcaklıktaki saf su ile gerçekleştirilmiştir. Belirli ağırlıkta (yaklaşık 5 g) kurutulmuş örnek, 400 mL saf su ile 4 saat muamele edilmiş ve belirli aralıklarla tartımlar alınmıştır (5.dk, 10.dk, 15.dk, 30.dk, 1saat, 2saat ve 4saat). Tartım alınmadan önce örneklerin dış yüzeyi kâğıt havlu ile hafifçe kurulanmış ve yüzeydeki fazla su uzaklaştırılmıştır. Rehidrasyon oranı aşağıdaki eşitlik (3.5) kullanılarak hesaplanmıştır (Doymaz ve Özdemir, 2014).

$$RO = W_r/W_d \quad \text{eşitlik (3.5)}$$

Wr: Rehidrasyon sonrası kütle (g)

Wd: Kurutulmuş örneğin kütlesi (g)

3.3.7. Tekstür analizi

Tekstür analiz cihazı ile örneklerin tekstürel özelliklerin belirlenmesinde (TA-Xt Plus, Texture Stable Micro Systems, İngiltere) kabuk direnci (puncture) testi ve (LKB) uç kesme testi uygulanmıştır. Denemeler üç paralel halinde yapılmıştır (Gunnness vd., 2009; Lester ve Saftner, 2008).

3.3.8. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesinde Toor ve Savage (2006) tarafından modifiye edilen metot kullanılmıştır. Ekstraktlar metanol ile uygun şekilde seyreltildikten sonra, 40 µL örnek alınarak üzerine 2.4 mL saf su ilave edilerek vortekslenmiş, 0.2 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenerek bir kez daha vorteks yapılmıştır. Daha sonra 0.6 mL doymuş sodyum karbonat (Na_2CO_3) eklenmiş ve bu aşamada inkübasyon süresi başlatılmıştır. Ardından karışıma 0.76 mL saf su ilave edilerek 2 saat karanlık ortamda beklemeye bırakılmıştır. Örnekler spektrofotometrede (T70+UV/VIS spectrophotometer, PG Instruments, İngiltere) 765 nm dalga boyunda okunmuştur. Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı 1g kuru maddede bulunan mg gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden ifade edilmiştir.

3.3.9. Askorbik asit içeriğinin belirlenmesi

Analiz için gereken ekstraktların hazırlanması için, çilekler küçük parçalara ayrılıp % 4.5'lik meta-fosforik asit ile 1:10 (g/mL) oranında karıştırılmış ve homojenize edilmiştir. Devamında 4000×g 4°C'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Supernatant 0.45 µm Millipore filtreden geçirilerek 20 µL hacminde HPLC'ye (Agilent 1260 infinity, ABD) enjekte edilmiştir. Çalışmada; C18 kolon (ACE, 250*4.6 mm. ID: 5 µm) ve diode array dedektör (DAD, Agilent 1260 MWD VL, ABD) kullanılmıştır. Mobil faz ultra saf su: fosforik asit (pH 2.2), kolon kurutma sıcaklığı 30°C, akış hızı 0.8 mL/dk, enjeksiyon hacmi 20 µL, akış süresi 30dk'dır (Demiray vd., 2013).

3.3.10. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini

HMF analizi için Falcon® tüplerine ± 0.001 g duyarlılıkla 10 g örnek tartılmış, 20 mL HPLC grade saf su ile 10 dk homojenize edilmiş ve 5 dk vorteks uygulanmıştır. Müteakiben 4000 rpm'de 20 dk santrifüj uygulanan örnekler Whatman 1 nolu filtre kağıdından geçirilmiştir. Daha sonra filtre edilen örnekler 0.45 μ m Millipore filtreden geçirilerek HPLC'ye (Agilent 1260 infinity, ABD) verilmiştir. Çalışmada; C18 kolon (İnertsil ODS-3, 250*4.6 mm, 5 μ m ID) ve diode array dedektör (DAD, Agilent 1260 MWD VL, ABD) kullanılmıştır. Mobil faz A: (5:95) asetonitril: HPLC grade su su (w/v), kolon kurutma sıcaklığı 40°C, akış hızı 1 mL/dk, enjeksiyon hacmi 20 μ L, analiz süresi 10 dk'dır (Guerra-Hernández vd., 1992).

3.3.11. DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite tayini

Çileklerin antioksidan aktivitesinin ölçümünde DPPH serbest radikal yakalama tayini kullanılmıştır (Dorman vd., 2003). Çileklerden hazırlanarak elde edilen ekstraktlardan 50 μ L alınarak tüplere aktarılmış daha sonra 450 μ L Tris-HCl tamponu (50 mM, pH: 7.4) eklenmiştir. Ardından karışıma 1 mL DPPH (0.10 mM, metanol içerisinde) çözeltisinden ilave edilerek karanlık bir ortamda oda sıcaklığında 30 dk bekletilerek reaksiyonun gelişimi sağlanmıştır. Hazır hale gelen çözeltiler (517 nm dalga boyunda) spektrofotometrede (T70+UV/VIS spectrophotometer, PG Instruments, İngiltere) okunmuştur. Kontrol olarak fenolik ekstraktı yerine saf su kullanılmıştır. Sonuçlar TROLOX® eşdeğeri (T.E.)/g KM olarak verilmiştir.

3.3.12. ABTS yöntemiyle antioksidan aktivite tayini

Çilek örneklerinin antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla Re vd., (1999) tarafından yayınlanan yöntem kullanılmıştır. Analizlerde 2.45 mM potasyum persülfat içeren 7 mM'lık ABTS çözeltisi hazırlanmış ve bu çözelti 12-16 h arasında bekletilerek, ABTS•+ radikalinin oluşması sağlanmıştır. 1mL ABTS•+ çözeltisine 10 μ L ekstrakt ilave edilmiş (uygun şekilde seyreltilmiş) ve 10 saniye vortekslenmiştir. 734 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans okuması

yapılarak renk değişimi takip edilmiştir. 6 dakika sonunda saptanan absorbands değerleri dikkate alınarak, başlangıç değerine göre yüzde azalma (inhibisyon) oranı hesaplanmıştır. Analizler her ekstrakt için üç paralel yapılmıştır. Hesaplamalar “TEAC (TROLOX® eşdeğeri antioksidant kapasite) değeri” cinsinden verilmiştir. İnhibisyon oranının (%) hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (3.6) kullanılmıştır.

$$(\% \text{ inhibisyon} = [(\text{BAD} - 6.\text{dk sonundaki AD}) / \text{BAD}] \times 100) \quad \text{eşitlik (3.6)}$$

BAD; başlangıç absorbands değeri.

AD; absorbands değeri.

3.3.13. Antosiyanin miktarının belirlenmesi

Kurutulmuş ilek örneklerinin antosiyanin bileşiklerinin tayini Kelebek ve Selli'nin (2011) yayınladıkları yöntem kullanılarak HPLC-DAD sistemi (Agilent 1260 infinity, ABD) ile yapılmıştır. Kurutulmuş numuneler toz haline getirilmiş ve 0.8 g örnek tartılarak 25 mL ekstraksiyon çözeltisi (aseton, su, asetik asit; 70:29.5:0.5, v:v:v) ile 1 dakika boyunca Ultra Turrax (IKA homojenizatör, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Ardından buz ile soğutulmuş ultrasonik su banyosunda 15 dakika boyunca sonikasyon uygulanmıştır. Daha sonra evaporatörde 35 ° C'de vakum altında aseton buharlaştırılmıştır. Kalan sulu kalıntı 1 numaralı Whatman filtre kağıdından süzülerek aktiveleştirilmiş bir Sep-Pack C-18 katı faz ekstraksiyon kartuşuna (Agilent, Bond Elut, C18) yüklenmiştir. İlk önce suyla yıkanarak suda çözünen bileşikler atılmış, ardından tutulan fenolik bileşikler 8 mL metanol ile yıkanarak alınmıştır. Metanol vakum altında 35 ° C'de tamamen buharlaştırılıp, kuru ekstrakt 1 mL ekstraksiyon çözeltisi içinde yeniden çözülmüştür. Daha sonra çözelti 0.45 m'lik naylon (PA) filtreden geçirilip HPLC ile analiz edilmiştir.

Çalışmada mobil faz olarak iki solvent kullanılmış olup, Solvent A: Su/Asetik asit (97:3; h/h), Solvent B: Metanol kullanılmıştır. Antosiyaninlerin tespiti için 500,510,520 ve 525 nm dalga boyunu seçilmiş olup en uygun dalga boyu 520nm olarak tespit edilmiştir. Kalibrasyon eğrileri çilekte majör antosiyanidinler olarak

belirtilen siyanidin 3-glukozit, siyanidin 3-rutinosit ve pelargonidin 3-glukozit standartları kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışmada; Agilent 1260 infinity HPLC, C18 kolon (Inertsil ODS-3, 250*4.6 mm, 5 µm ID) aynı dolgu maddesiyle donatılmış 4.6 x 10 mm koruyucu kolon ve diode array dedektör (DAD, Agilent 1260 MWD VL, ABD), kullanılmıştır. Enjeksiyon hacmi 20 µL, Akış hızı 0.5 mL/dk, dedeksiyon 520 nm dalga boyunda ve 125 dk süre şartlarında analiz gerçekleştirilmiştir. Mobil faz A: Su/Asetik asit (97:3; h/h), Mobil faz B: Metanol kullanılarak kolon yıkandıktan ve alıştırıldıktan sonra HPLC akış oranları: 0-5dk B: %7, B: 0-%20'ye 27dk, B: %25'e 12dk, B: %30'a 12dk, B: %33'e 29dk, B: %42'ye 5dk, B: %50'ye 5dk, B: %70'e 5dk, B: %80'e 5dk, B: %100'e 5dk, B: %7'ye 15dk da geçecek şekilde uygulanmıştır.

3.3.14. Mikrobiyolojik analiz

Orgaik çileklerin mikrobiyolojik yükünü belirlemek amacıyla; toplam mezofilik aerob bakteri (TAMB) ve maya ve küf (TKM) sayımı AOAC (1998)'de belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. 10 g çilek örneği, stomacher torbası içerisinde 90 mL steril peptonlu tuzlu su (%0.1 pepton ve %0.85 NaCl, w/v) çözeltisi ile karıştırılmış ve stomacherde 230 rpm'de 2.5 dk homojenize edilmiştir. Homejenattan steril peptonlu tuzlu su çözeltisi kullanılarak ardışık seyreltiler hazırlanıp iki paralel olarak yapılmıştır. Plate Count Agar (PCA) besiyerinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı dökme usulü ekim yöntemiyle iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve 30 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Maya ve küf sayısı Patato Dextrose Agar (PDA) ortamında dökme usulü ekim yöntemiyle iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve 25 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir.

3.3.15. Görüntü analizi

Taze örneklerde, optimum koşullarda kurutulmuş (karbonik maserasyon ve devamında konveksiyonel kurutma), direkt ön işlem olmaksızın konveksiyonel kurutmaya tabi olmuş çilek örneklerinde görüntüleme işlemi yapılmış, karbonik maserasyon ön işleminin neden olduğu yapısal değişiklikler mikroskobik boyutta

ortaya konulmuştur. Bu analiz Süleyman Demirel Üniversitesi YETEM (Yenilikçi Teknolojiler Merkezi) içerisinde yer alan SEM laboratuvarında hizmet alımı olarak yaptırılmıştır.

3.3.16. Duyusal analiz

Kurutulmuş organik çileklerin duyusal analizleri 12 panelist tarafından yapılmıştır. Panelistler 20–50 yaş grubundan seçilmiştir. Panelistler, duyusal değerlendirme formunda yer alan skala ve terimler hakkında bilgilendirilmiştir. Kabul edilebilirlik testi 10-nokta puanlama skalasına (hedonik skala; hiç beğenmedim: 1, aşırı beğendim: 10) göre tat, renk, yüzey dokusu, aroma, kusursuzluk ve genel beğeni parametreleri ile oluşturulmuştur. (Demirkese vd., 2010). Analizler Süleyman Demirel Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Temel işlemler laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Farklı örneklerin değerlendirilmesine geçilmeden önce panelistlere su verilmiştir.

3.3.17. Depolama analizleri

CM ön işlemleri sonrası ve ön işlem uygulaması olmaksızın (kontrol) %10 nem seviyesine (0.4 a_w) kurutulmuş ve %26 nem seviyesinde (0.60 a_w) yarı kurutulmuş çilek örnekleri gaz ve nem geçirgenliği düşük, vakum paketlemeye uygun, çoklu katmanlı PA/PE ambalajlarda; atmosferik koşullarda, vakum altında ve azot gazı basılarak 3 farklı şekilde paketlenmiştir. Paketlenen örnekler; laboratuvarında oda sıcaklığında (20°C) ve buzdolabı koşullarında (4°C) 6 ay boyunca muhafaza edilmiştir. Bütün örnekler 2'şer aylık periyotlarda asitlik, pH, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde, su aktivitesi, kolorimetrik renk tayini, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite (ABTS), askorbik asit içeriği ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur.

3.3.18. İstatistik analizi

Optimizasyon çalışmalarının istatistik analizi, deneme tasarımının oluşturulduğu Minitab istatistik paket programı aracılığıyla yapılmıştır. Her bir analiz sonucu

programa yüklenerek belirleme katsayısı (R^2), düzeltilmiş belirleme katsayısı (R^2 adjusted), tahmini belirleme katsayısı (predicted R^2) incelenmiştir. Ayrıca varyans tabloları ve parametrelerin önem dereceleri hakkında bilgi veren pareto kartları da değerlendirilmiştir. Optimizasyon çalışması dışında örneklerde ilgili analiz sonuçlarının karşılaştırılması istatistiksel olarak gerçekleştirilerek muhtemel farkların önem düzeyleri belirlenmiştir. Karşılaştırmalar deney tasarımındaki uygulamalar haricinde taze, konveksiyonel ve optimum şartlarda karbonik maserasyon işlemi sonrası konveksiyonel kurutulmuş örnekler için de yapılmıştır. Ayrıca depolama sürecinde ilgili parametrelerdeki değişimlerin önemli olup olmadığı da yine karşılaştırma testleri ile belirlenmiştir. Bu amaçla Minitab istatistik paket programı kullanılarak Tukey ve Fisher testi ile varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır ($p \leq 0.05$). Sonuçlar ortalama $\pm$ ortalamanın standart sapması şeklinde ifade edilmiştir.

3.3.19. Maliyet analizi

Sıcak havalı kurutma fırını enerji tüketimi Cam vd., (2018) ve Motevali vd., (2011), tarafından yapılan çalışmalarda aşağıdaki denklem (3.7) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Et = Ak.Va. pa.Cp. \Delta T.t \quad \text{eşitlik (3.7)}$$

Et; Enerji tüketimi (kcal/s), Ak ; kurutma alanı (m^2), Va; hava hızı (m/s), pa; hava yoğunluğu (kg/m^3), Cp; havanın özgül ısısı (kcal/kg/C), ΔT ; sıcaklık farkı ($^{\circ}C$), t: süre (s).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Taze Organik Çilek Analiz Sonuçları

Taze çilekler endüstride uygulanan ve Zhang vd., 2020(a) tarafından belirtilen kesim şekli ve boyutunda 6-7 mm kalınlığında kesilmiş, ardından 100 tekrarlı dilim kalınlığı ölçümü yapılmıştır. Yapılan ön deneme ve deneme kurutmalarının analiz sonuçlarına göre askorbik asit içeriği, TFM, antioksidan aktivite ve diğer bazı analizlerin sonuçları, aynı tarladan aynı cepheden ve aynı yıl içerisinde hasat edilmesine rağmen çileğin hasat edildiği aya, hava sıcaklığına ve tarlanın sulama durumuna göre farklılık gösterebilmektedir. Taze çileklerde yapılan fizikokimyasal ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1. Taze organik çileklerin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Fiziksel özellikler		Kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler	
Dilim kalınlığı	7.34 ± 0.46 (mm)	SÇKM / T.A.	9.98 ± 0.12
L*	42.25 ± 2.86	pH	3.88 ± 0.13
a*	23.11 ± 5.46	T.A.	1.23 ± 0.02
b*	13.64 ± 5.18	Askorbik asit miktarı	673.3 ± 32.8 mg A.A./100 g KM 74.6 ± 2.2 mg A.A./100 g YM
C*	26.96 ± 4.99	TFM	47.41 ± 2.01 mg GAE/g KM 525.30 ± 17.21 mg GAE/100g YM
Hue°	27.61 ± 1.82	TEAC (ABTS)	89.51 ± 2.09 µmol T.E./g KM 22.41 ± 1.19 mg T.E./g KM
a _w	0.98 ± 0.01	TAM	1.6 ± 0.11 g P3G/100 g KM 193.82 ± 15.3 mg P3G/100 g YM
% Nem	90.07 ± 1.05	TMAB	3.11 ± 0.3 log KOB/g
Bx°	12.27 ± 0.51	TKM	3.56 ± 0.9 log KOB/ g

*T.A: % Titrasyon Asitliği, TFM: Toplam Fenolik Madde, TEAC: TROLOX® Eşdeğeri Antioksidan Aktivite, TAM: Toplam Antosiyanin Pigmenti, TMAB: Toplam Mezofilik Aerob Bakteri, TKM: Toplam Maya ve Küf.

Çalışmada kullanılan çileklerin nem, a_w pH ve % titrasyon asitliği sonuçları sırasıyla 90.07, 0.98, 3.88 ve 1.23 olarak bulunmuş ve literatürle oldukça benzer değerlerde olduğu görülmüştür (Alibaş, 2012; Contreras vd., 2007; Ersoy vd., 2011; Nunes ve Delgado, 2014; Ornelas-Paz vd., 2013; Yıldız vd., 2014). Suda

       kuru madde ( Bx) değeri çalışmada kullanılan çileklerde 12.27 bulunurken, literatürde 5.5-11 aralığında bildirilmektedir (Conti vd., 2014; Nunes ve Delgado, 2014; Ornelas-Paz vd., 2013; Yildiz vd., 2014). Olgunluk indeksi olarak adlandırılan SÇKM/TA oranı, hasat edilen taze çileklerin olgunlaşma aşamasını göstermektedir (Mahmood vd., 2012). Titrasyon asitliği oranı arttıkça çileklerde ekşilik artmaktadır. Olgunlaşma sürecinde meyve asitleri solunum metabolizmasında kullanılır ve şeker içeriği artar, dolayısıyla SÇKM/T.A. oranı genellikle olgunluk ilerledikçe artmaktadır. Literatürde çalışmada bulunan SÇKM/T.A. değeri, tatlı ve yoğun tat olarak sınıflandırılan 9.25-12 aralığına girmektedir (Gunness vd., 2009). Renk değerleri genel olarak literatür ile benzerdir. Ancak çalışmada bulunan L* değeri organik çileklerin literatürdeki değerine kıyasla daha yüksek, a* değeri daha düşük ve hue  açısı daha yüksek bulunmuştur (Alibaş, 2012; Ornelas-Paz vd., 2013; Xu vd., 2021). Çalışmadaki bulgulara benzer şekilde organik  ilekler ile konvansiyonel  ilekler arasında L* ve hue değerinin önemli derecede değişiklik gösterdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Nunes ve Delgado, 2014).

Askorbik asit miktarı 673.3 mg A.A./100 g KM, 74.6 mg A.A./100 g YM olarak hesaplanmış ve literatürde yayınlanan çalışmalarla benzer şekilde bulunmuştur (Conti vd., 2014; Crecente-Campo vd., 2012; Nunes ve Delgado, 2014; Ornelas-Paz vd., 2013; Yildiz vd., 2014). Çalışmada antioksidan madde miktarı g kuru maddede 89.51  mol TROLOX  eşdeğeri, g yaş madde de 10.54  mol TROLOX  eşdeğeri bulunmuştur. Literatürde farklı çeşit organik çileklerin yaş maddede 8-12  mol TROLOX  eşdeğeri antioksidan madde içerdikleri bildirilmiştir (Ersoy vd., 2011; Yildiz vd., 2014). Çalışmada kullanılan taze organik çileklerin antioksidan madde içeriği literatüre uygun bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı çalışmada 47.41 mg GAE/g KM ve 525.30 mg GAE/100 g YM olarak tespit edilmiştir. Organik  ileklerin fenolik madde içerikleri literatürde genel olarak 170-288 mg GAE/100 g YM olarak bildirilmiştir (Nunes ve Delgado, 2014; Ornelas-Paz vd., 2013; Yildiz vd., 2014). Sun vd., 2002 yılında yayınladığı çalışmada taze çileklerde toplam fenolik madde miktarını çalışmada bulduğumuz değerle benzer şekilde 531.7 mg/100g YM olarak bildirmiştir. Çalışmada kullanılan çileklerin antioksidan maddeye benzer şekilde fenolik madde içeriği

de literatürde verilen değerlere benzer bulunmuştur. Antosiyanin pigmenti miktarı çalışmamızda 193.82 mg P3G/100 g YM olarak bulunmuştur. Literatürde çileklerde antosiyanin pigment miktarı 25.1-332 mg P3G/100 g YM olarak bildirilmiştir. Literatürde organik çileklerin antioksidan madde, fenolik madde, askorbik asit ve antosiyanin pigmenti içeriklerinin konvansiyonel çileklerden daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Conti vd., 2014; Crecente-Campo vd., 2012; Nunes ve Delgado, 2014). Literatürde farklı çilek çeşitlerinde yapılan araştırmalarda besin içeriklerinin ve kimyasal kompozisyonun oldukça değişkenlik gösterdiği bildirilmektedir (Laugale ve Bite, 2006; Wojdyło vd., 2009). Albion çilek çeşitlerinin olgunlaşma dereceleri ile ilgili yapılan bir çalışmada, organik olarak yetiştirilen Albion çeşidinin daha iyi görünüm, besin içeriği ve duysal özellikler gösterdiği vurgulanmıştır. Ayrıca Albion çeşidi çileklerin markette satılan diğer çilek çeşitlerinden toplam fenolik madde miktarı, antosiyanin ve askorbik asit içeriği bakımından daha üstün olduğunu bildirilmiştir (Ornelas-Paz vd., 2013). Literatürde yer alan çalışmalarda sonuçların arasındaki bu farklılıkların kullanılan çileğin çeşidi, iklim, yükseklik ve toprak bileşimindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.2. Kurutulmuş Organik Çilek Analiz Sonuçları

Çalışmada optimizasyon için oluşturulan deneme planı takip edilerek uygulanan kurutmaların fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.2’de kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Denemelerin fizikokimyasal analiz sonuçları

Run	%nem	a _w	°Brix	pH	T.A.	Hue°	C*	S.D	K.D	E.D	R.O
1	7.86	0.44	65.56	3.58	6.10	23.51	23.81	2550.86	1463.77	2.16	3.41
2	10.48	0.48	65.70	3.64	4.81	32.42	29.33	1864.83	572.91	2.85	3.19
3	9.96	0.54	60.54	3.62	4.73	29.74	26.63	2037.50	596.28	2.68	3.27
4	6.86	0.35	70.61	3.69	5.76	22.19	24.59	3385.39	1434.53	3.23	3.85
5	9.39	0.50	68.33	3.63	5.63	29.07	32.9	1640.70	390.32	2.46	3.43
6	7.05	0.36	70.89	3.64	7.02	29.64	29.69	3128.66	985.02	2.17	3.44
7	11.69	0.50	60.28	3.66	5.43	33.51	30.61	2866.58	571.66	2.80	3.44
8	9.45	0.46	68.43	3.75	5.46	28.96	29.83	2180.20	796.93	2.83	3.51
9	11.27	0.46	65.18	3.67	6.43	35.61	31.49	3206.36	1167.42	3.32	3.75
10	10.16	0.46	67.11	3.63	6.44	29.25	30.35	1926.84	802.53	2.67	3.57
11	10.44	0.48	69.51	3.71	5.87	29.76	32.21	1600.86	658.57	2.80	3.50
12	5.98	0.38	73.52	3.57	7.99	29.44	32.89	2531.56	1042.44	3.55	3.49
13	8.19	0.36	67.16	3.48	7.11	28.59	31.58	1980.35	728.64	2.32	3.59
14	11.58	0.43	69.57	3.54	7.53	28.46	30.64	1782.14	845.33	3.63	3.38
15	8.81	0.39	65.88	3.71	6.39	25.27	34.67	3088.35	843.65	2.36	3.54
16	8.24	0.38	72.18	3.81	6.17	28.56	33.29	1939.31	735.94	3.22	3.60
17	6.63	0.37	69.74	3.72	7.04	31.29	35.28	1540.20	564.68	2.33	3.51
18	8.36	0.44	68.41	3.84	6.75	29.18	32.71	2314.40	915.55	3.47	3.63
19	7.40	0.41	70.90	3.85	6.55	27.65	33.43	2340.88	828.56	2.86	3.67
20	11.95	0.43	69.83	3.69	6.45	28.18	30.30	1844.33	840.93	3.01	3.60
21	6.22	0.39	71.07	3.66	5.65	28.64	35.03	2217.87	967.12	3.63	3.44
22	9.16	0.42	67.42	3.65	6.34	28.45	34.47	1503.79	573.11	2.80	3.64
23	8.21	0.39	69.65	3.75	5.47	32.48	26.37	2319.63	805.04	3.05	3.68
24	5.62	0.35	68.19	3.68	6.22	26.03	30.24	2249.73	998.37	3.92	3.86
25	7.39	0.38	64.64	3.74	5.44	32.55	35.53	1615.02	1053.47	3.06	3.66
26	11.38	0.46	68.15	3.66	6.79	27.68	33.60	1406.27	787.92	3.29	3.86
27	8.32	0.40	68.11	3.73	6.67	26.91	29.82	1883.64	803.86	3.45	3.73
28	9.32	0.47	73.34	3.58	7.19	25.81	33.26	1734.90	857.51	2.71	3.75
29	9.55	0.44	65.83	3.71	6.32	28.15	32.48	2722.16	878.00	3.25	3.73
30	12.51	0.45	63.39	3.66	7.81	31.07	35.59	2086.28	701.90	3.69	3.73
	8.98	0.43	67.97	3.68	6.32	28.94	31.42	2182.99	840.40	2.99	3.58
Orta	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
lama	1.90	0.05	3.23	0.08	0.81	2.83	3.09	544.10	237.94	0.48	0.17

T.A: % Titrasyon Asitliği, C: Kroma Değeri, S.D: Sertlik Değeri (g force), K.D: Kabuk Direnci (g force), E.D: Elastikiyet Değeri (mm), R.O: Rehidrasyon Oranı (g/g) Ort: Ortalama Değer.

Çizelge 4.3. Denemelerin kimyasal analiz sonuçları

Run	TFM	A.A.M.	TAM	DPPH	TEAC
1	21.29	401.41	226.53	30.75	10.20
2	16.85	121.87	242.84	21.57	6.91
3	19.16	218.98	200.55	24.92	8.57
4	19.74	64.61	117.38	28.49	9.54
5	17.91	390.88	251.45	24.14	8.64
6	15.64	162.42	230.15	21.38	7.57
7	18.41	386.68	223.11	24.07	8.39
8	18.50	357.11	165.40	23.85	7.94
9	19.92	101.14	176.73	26.04	9.06
10	19.55	213.21	198.20	25.45	8.57
11	16.20	112.80	157.64	23.07	6.19
12	21.08	367.87	232.67	23.43	6.83
13	17.62	308.86	157.13	23.84	6.15
14	20.13	231.48	224.24	25.73	6.97
15	17.90	233.07	182.23	27.79	6.44
16	18.73	698.53	206.48	26.77	6.92
17	18.08	302.13	235.76	25.54	6.07
18	18.88	227.14	208.06	26.81	6.58
19	17.41	313.88	205.04	20.89	5.29
20	18.38	423.34	157.91	24.80	6.77
21	17.42	431.45	257.32	25.25	9.15
22	18.76	297.54	233.65	22.99	9.18
23	18.10	292.01	219.59	24.98	9.03
24	16.02	305.90	191.97	26.03	10.43
25	15.18	410.59	193.86	21.31	8.41
26	18.85	80.67	217.37	28.53	9.75
27	17.81	387.71	199.30	25.20	10.39
28	17.86	495.10	249.05	27.47	10.98
29	20.51	394.80	208.92	22.88	9.53
30	24.03	388.91	210.29	28.89	11.31
Ort.	18.53 ± 1.82	304.07 ± 138.63	206.03 ± 31.98	25.10 ± 2.43	8.26 ± 1.62

* TFM: Toplam Fenolik Madde (mg GAE/g KM), A.A.M: Askorbik Asit Miktarı (mg A.A./100 g KM), TAM: Toplam Antosiyanin Pigmenti (mg P3G/100 g KM), DPPH: Antioksidan Aktivite (mg T.E./g KM), TEAC: Antioksidan Aktivite (mg T.E./g KM)

Yapılan her bir analizin sonuçları ayrı ayrı istatistik olarak değerlendirilmiş ve çıkan sonuçlar incelenerek model optimizasyonuna dahil edilip edilmemesine karar verilmiştir. R^2 değerinden (belirleme katsayısı) ziyade hataların da dahil edildiği, bağımsız değişkenlerin etkilerini de hesaba katan düzeltilmiş R^2 değerine ve kurulan modelin tahmin gücünü gösteren aynı zamanda modele gereksiz parametre eklemeyi önleme konusunda daha hassas olan tahmini R^2 değerine önem verilmiştir. Kullanılan istatistik paket programı tahmini R^2 değerini şu şekilde hesaplamaktadır; Veri kümesinden herhangi bir veri noktasını kaldırarak regresyon denklemi hesaplanır. Modelin eksik olan gözlemi ne kadar iyi tahmin ettiği değerlendirilir ve bu işlem veri kümesindeki tüm

noktalar için tekrar yapılır (Anonim, 2020). Ayrıca bu değer modele seçilecek parametreler için daha hassas karar vermeye olanak sağlamaktadır.

Modelin seçiminde başka bir kriter olan matematiksel formun uygunsuzluğundan kaynaklanan hataya, model uygunsuzluğu (Lack of fit) denilmektedir (Koç ve Kaymak Ertekin, 2009). İstatistiksel açıdan modelin matematiksel formunun uygunsuzluğu önemsiz olmalıdır. Bu bağlamda matematiksel formun uygunsuzluk değerleri de incelenmiş ve belirtme katsayılarıyla birlikte modele dahil edilecek analizler seçilmiştir.

Analiz sonuçlarında verilen MsSıcak: maserasyon sıcaklığını, MsSaat: maserasyon süresini, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığını, MsBasnc: maserasyon basıncını ifade etmektedir.

4.2.1. Asitlik değeri

Çalışmada kurutulmuş çileklerin asitlik değerleri belirlenmiştir. Asitlik tayini sonuçları istatistiksel olarak model üzerinde incelenmiş olup R^2 değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Düzeltilmiş R^2 % 38.36, tahmini R^2 değeri %8.30 çıkmıştır. R^2 değerinin yüksek olmaması tahmini R^2 değerinin oldukça düşük olması sebebi ile model optimizasyonunda asitlik değerine yer verilmemiştir.

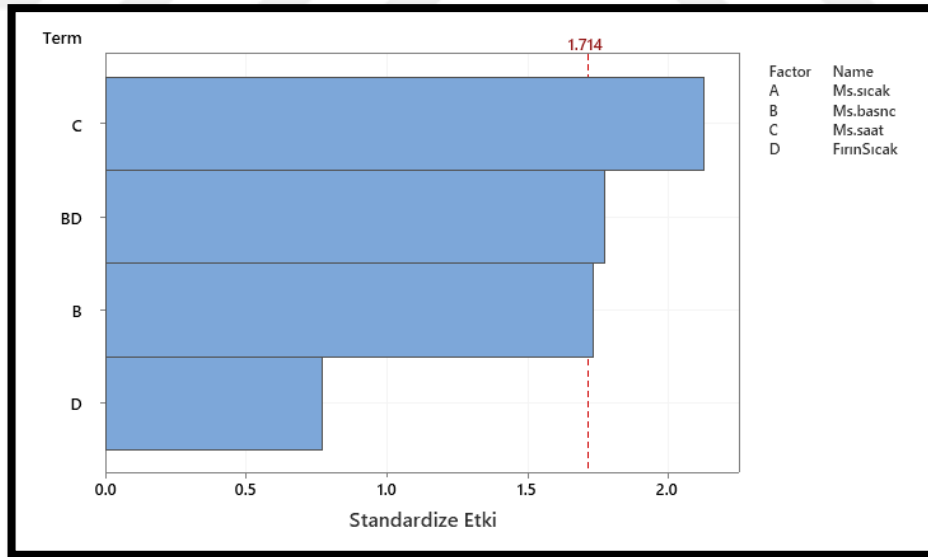
Çizelge 4.4'te verilen varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden ilişki olarak maserasyon süresi önemlidir ancak diğer faktörler istatistiksel olarak önemsiz çıkmaktadır. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.10$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Blokların etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluğu (lack of fit) önemsiz çıkmaktadır ($p>0.10$).

Çizelge 4.4. Çilek örneklerinin % titrasyon asitliği (sitrik asit) değeri varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	6	51.11	4.01	0.007
Bloklar	2	27.16	6.39	0.006
Linear ilişki	3	17.26	2.71	0.069
Ms.basnc	1	6.38	3.00	0.097
Ms.saat	1	9.61	4.52	0.044
FırınSıcak	1	1.26	0.59	0.449
2.derece interaksiyon	1	6.69	3.15	0.089
Ms.basnc*FırınSıcak	1	6.69	3.15	0.089
Hata	23	48.89		
Lack-of-Fit	20	45.54	2.04	0.307
Pure Error	3	3.35		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.1’de verilen pareto kartı incelendiğinde modelde titrasyon asitliği üzerine etkili olan faktörler CM süresi daha sonra CM basıncı ile kurutma sıcaklığının çarpımıdır. Kurutma sıcaklığının tek başına titrasyon asitliği üzerinde istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir.



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.1. % titrasyon asitliği pareto kartı

Yapılan çalışmada kurutma denemelerinin % titrasyon asitliği değerleri 4.73 ile 7.81 arasında değişmekte olup ortalama değeri 6.32’dir. de Bruijn vd., 2016 tarafından yapılan çalışmada vakum kurutma ile kurutulan çileklerin titrasyon

asitliği değeri $\% 17.0 \pm 2.3$ olarak bulunmuş olup çalışmada bulunan kurutulmuş çileklerin titrasyon asitlik değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Güneşte kurutulan çileklerin titrasyon asitliği $\%11.3-12.67$ arasında çalışmada bulduğumuz değerlerle benzer bulunmuştur (El-Beltagy vd., 2007).

4.2.2. pH değeri

Çalışmada kurutulmuş çileklerin pH değerleri belirlenmiştir. Çalışmada kurutulmuş çileklerin pH analizinin sonuçları modele konulduğunda düzeltilmiş R^2 $\% 25.80$, tahmin R^2 , $\% 17.67$ bulunmuştur. Değerlerin düşük olduğu dolayısıyla modelde açıklama oranının yetersiz olduğu görülmektedir. Bundan dolayı model optimizasyonunda bu analiz değerine yer verilmemiştir.

Çizelge 4.5’de sunulan varyans analizi tablosu incelendiğinde bütün birinci dereceden faktörler istatistiksel olarak önemsiz çıkmaktadır. İkinci dereceden ilişkiler incelendiğinde maserasyon süresi ile kurutma sıcaklığının arasındaki ilişkinin pH üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler modele dahil edilmemiştir. Matematiksel formun uygunsuzluk değeri önemsizdir ($p>0.05$).

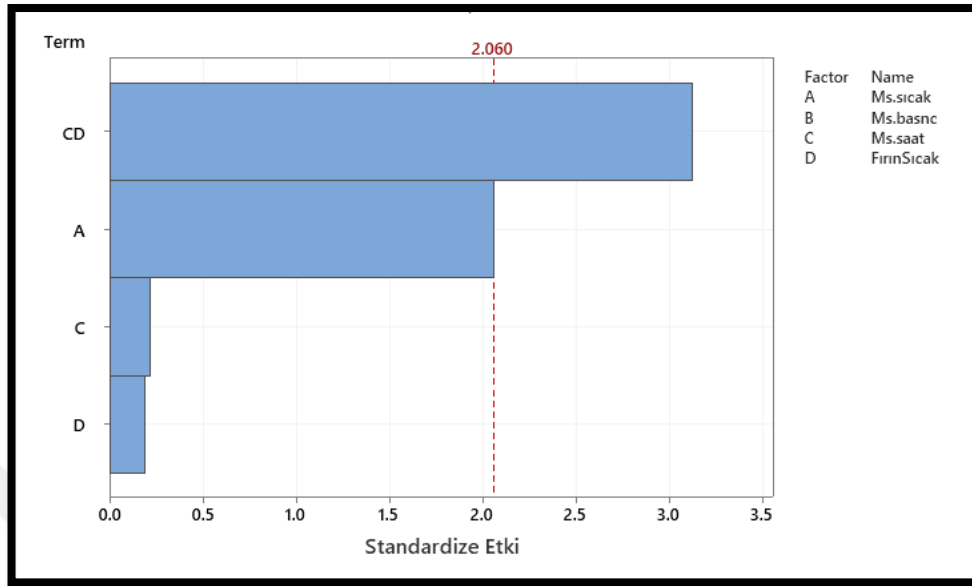
Çizelge 4.5. Çilek örneklerinin pH değeri varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	4	36.04	3.52	0.021
Linear ilişki	3	11.07	1.44	0.254
Ms.sıcak	1	10.86	4.25	0.050
Ms.saate	1	0.12	0.05	0.831
FırınSıcak	1	0.09	0.04	0.853
2. derece interaksiyon	1	24.96	9.76	0.004
Ms.saate*FırınSıcak	1	24.96	9.76	0.004
Hata	25	63.96		
Lack-of-Fit	22	25.40	0.09	1.000
Pure Error	3	38.56		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaate: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasıncı: CM basıncı

Şekil 4.2’ de verilen pareto kartı incelendiğinde maserasyon süresi ile kurutma sıcaklığının çarpımının ve maserasyon sıcaklığının pH üzerinde etkili olduğu

görülmektedir. Kurutma sıcaklığının ve maserasyon süresinin pH üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaad: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.2. Çilek örneklerinin pH değeri pareto kartı

Yapılan çalışmada kurutma denemelerinin pH değeri 3.48 ile 3.85 aralığında değişim göstermekle beraber ortalama pH değeri 3.68 bulunmuştur. Aynı zamanda çalışmada elde edilen pH değerleri ile titrasyon asitliği değerleri paralellik göstermektedir. de Bruijn vd., 2016 tarafından yapılan çalışmada vakum kurutma ile kurutulan çileklerin pH değeri 3.31 ± 0.01 olarak tespit edilmiş olup gerçekleştirilen tez çalışmasındaki sonuçlara benzer çalışmalar literatürde mevcuttur (Ersoy vd., 2011; Ornelas-Paz vd., 2013; Yildiz vd., 2014). Güneşte kurutulan çileklerin pH değerleri 3.77-3.88 arasında bulunmuş ve çalışmada bulduğumuz değerlerle benzerlik göstermektedir (El-Beltagy vd., 2007).

4.2.3. Su aktivitesi

Çalışmada su aktivitesi (a_w) sonuçları model üzerinde incelendiğinde R^2 değerinin % 47.57, tahmin R^2 değerinin % 0.0 olduğu görülmektedir. Tahmin gücü olmadığından dolayı modelde dikkate alınmamış olup model optimizasyonunda bu analize yer verilmemiştir.

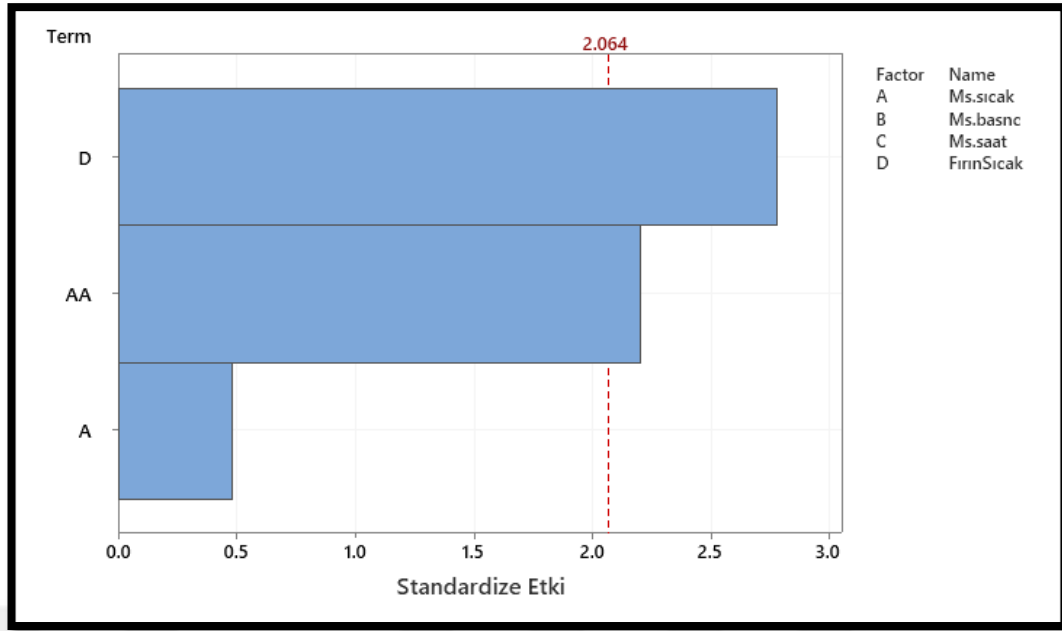
Çizelge 4.6’da verilen varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden kurutma sıcaklığı, karesel ilişkide ise maserasyon sıcaklığının karesinin istatistiksel olarak su aktivitesi üzerinde önemli olduğu görülmektedir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.6. Çilek örneklerinin a_w değeri varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	5	47.57	4.35	0.006
Bloklar	2	19.61	4.49	0.022
Linear ilişki	2	17.35	3.97	0.032
Ms.sıcak	1	0.51	0.23	0.633
FırınSıcak	1	16.84	7.71	0.010
Karesel ilişki	1	10.61	4.86	0.037
Ms.sıcak*Ms.sıcak	1	10.61	4.86	0.037
Hata	24	52.43		
Lack-of-Fit	21	50.16	3.15	0.187
Pure Error	3	2.27		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.3’de gösterilen pareto kartı incelendiğinde modelde a_w üzerine en etkili olan faktörler kurutma sıcaklığı daha sonra maserasyon sıcaklığının karesidir. Maserasyon sıcaklığı birinci dereceden tek başına a_w üzerinde önemli derecede etkili olmamaktadır ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.3. Çilek örneklerinin a_w değeri pareto kartı

Yapılan çalışmadaki kurutma denemelerinde a_w sonuçları 0.35 ile 0.54 aralığında tespit edilmiş ve ortalama 0.43 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler ozmotik dehidrasyon ile kurutulan çileklerde 0.195 olarak verilmiştir (Prosapio vd., 2017). Ayrıca çalışmada bulunan değerler Rongtong vd., tarafından 2018 yılında ozmotik kurutulan papaya çalışmasındaki a_w değer aralığı (0.472-0.870) ile benzerlik göstermektedir. Genel olarak mikrobiyolojik tehlikeler açısından bulunan a_w değerleri 0.6 değerinin altında kaldığı için güvenli kabul edilmektedir.

4.2.4. Çözünür kuru madde

Çözünür kuru madde ($^{\circ}$ Brix) analizinin sonuçları model üzerinde incelendiğinde açıklama oranı % 27.47 ve tahmin R^2 değeri % 1.40 bulunmuştur. Model özetinde tahmin R^2 değeri çok düşük olduğu için model optimizasyonunda çözünür kuru madde analizine yer verilmemiştir.

Çizelge 4.7’de sunulan varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden kurutma sıcaklığının istatistiksel olarak çözünür kuru madde üzerinde önemli olduğu görülmektedir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.10$

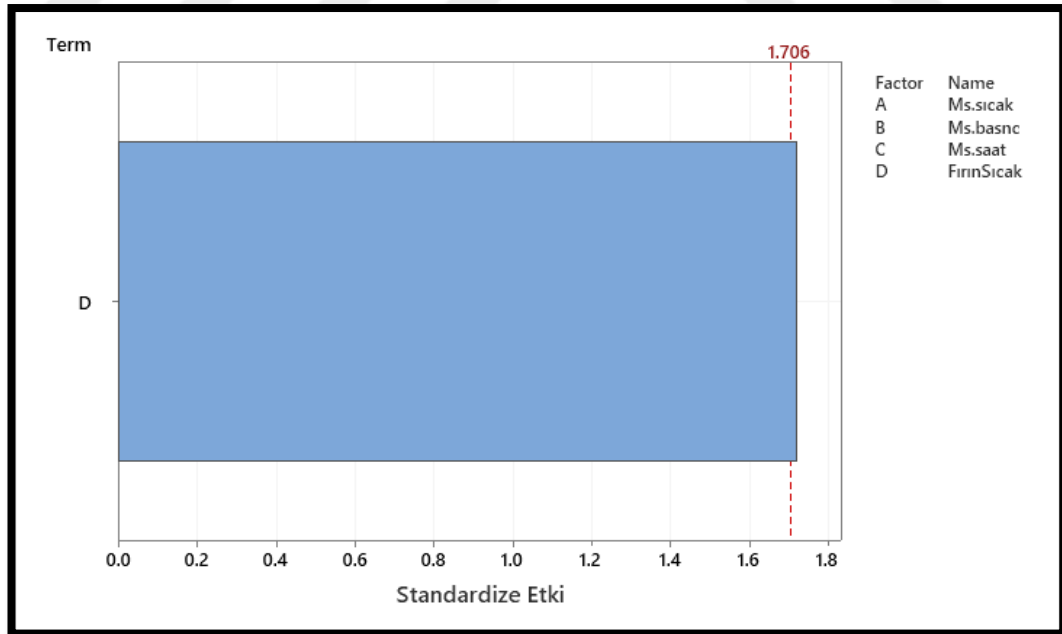
seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Matematiksel formun uygunsuzluk değeri önemsizdir ($p>0.10$).

Çizelge 4.7. Çilek örneklerinin suda çözünür kuru madde varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	3	27.47	3.28	0.037
Bloklar	2	19.22	3.45	0.047
Linear ilişki	1	8.25	2.96	0.097
FırınSıcak	1	8.25	2.96	0.097
Hata	26	72.53		
Lack-of-Fit	23	69.51	3.01	0.198
Pure Error	3	3.01		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.4'te gösterilen pareto kartından da anlaşıldığı üzere modelde çözünür kuru madde üzerine etkili olan tek faktör kurutma sıcaklığıdır. Bu etki istatistiksel olarak önemlidir. Diğer faktörlerin çözünür kuru madde üzerinde herhangi bir etkisi görülmemektedir ($p>0.10$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.4. Çilek örneklerinin suda çözünür kuru madde değeri pareto kartı

Yapılan çalışmada kurutulmuş organik çileklerin suda çözünür kuru madde değerleri 60.54 ile 73.34 °Bx arasında değişmektedir ve ortalama 67.97 °Bx olarak hesaplanmıştır. de Bruijn vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada vakum kurutma ile % 29 nem seviyesine kurutulan çileklerin suda çözünür kuru madde içeriği 22.0 ± 2.0 olarak tespit edilmiştir. Bu değer tarafımızca yapılan çalışmada tespit edilen çözünür kuru madde miktarına göre düşük kalmaktadır. Bu durum ürünlerin arasındaki nem farkından kaynaklanmaktadır. Kassem vd., 2011 tarafından yapılan çalışmada ise çekirdeksiz üzümler mikrodalgada ve sıcak hava kurutma tekniklerinin farklı kombinasyonları kullanılarak % 10 nem seviyesinin altına kurutulmuş olup suda çözünür kuru madde içerikleri sırasıyla 93.7 ve 93.2 bulunmuştur. Bu değerler çalışmamızda bulunan değerlerle benzerlik göstermektedir.

4.2.5. Nem içeriği ve toplam kuru madde:

Nem içeriği analizinin sonuçları model özetinde incelendiğinde düzeltilmiş R^2 değerinin % 42.96, tahmin R^2 değerinin % 11.88 olduğu görülmektedir. Model özetinde tahmin R^2 değeri düşük olduğu için model optimizasyonunda % nem analizine yer verilmemiştir.

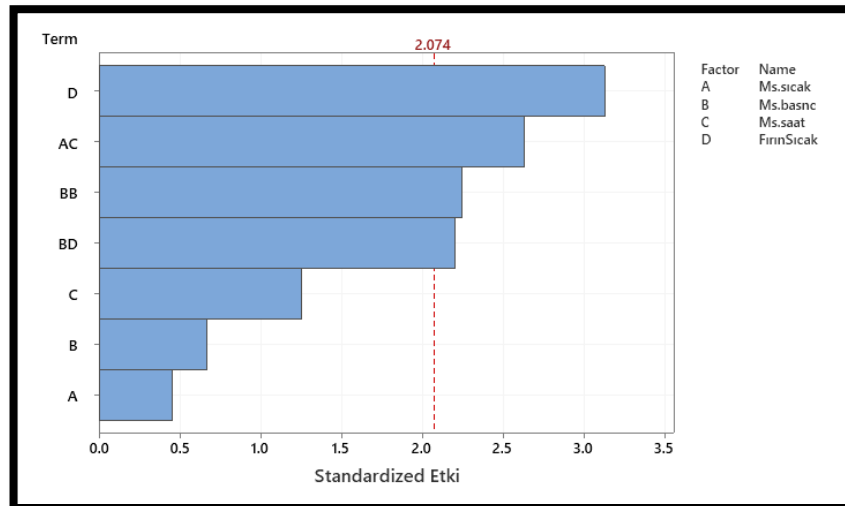
Çizelge 4.8' de verilen varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden kurutma sıcaklığının istatistiksel olarak %nem üzerinde önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca ikinci dereceden ilişkilerde maserasyon sıcaklığı ile saatinin çarpımı ile maserasyon saatinin karesi istatistiksel olarak % nem üzerinde etkilidir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.8. Çilek örneklerinin nem değeri varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	7	56.73	4.12	0.005
Linear ilişki	4	23.66	3.01	0.040
Ms.sıcak	1	0.41	0.21	0.653
Ms.basnc	1	0.89	0.45	0.509
Ms.saat	1	3.09	1.57	0.223
FırınSıcak	1	19.28	9.80	0.005
Karesel ilişki	1	9.91	5.04	0.035
Ms.basnc*Ms.basnc	1	9.91	5.04	0.035
2. dereceden interaksyon	2	23.16	5.89	0.009
Ms.sıcak*Ms.saat	1	13.60	6.91	0.015
Ms.basnc*FırınSıcak	1	9.57	4.86	0.038
Hata	22	43.27		
Lack-of-Fit	19	42.65	10.91	0.036
Pure Error	3	0.62		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.5.'de sunulan pareto kartı incelendiğinde birinci dereceden etkili olan tek faktör kurutma sıcaklığıdır. Bunun yanında ikinci dereceden etkili olan faktörler CM sıcaklığı ve basıncının çarpımı, CM basıncının karesi ve CM basıncı ile kurutma sıcaklığının çarpımıdır. Diğer faktörlerin nem miktarı üzerinde önemli bir etkisi görülmemektedir. ($p > 0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.5. Çilek örneklerinin nem içeriği (%) değeri pareto kartı

Kuru madde analizinin sonuçları incelendiğinde açıklama oranı % 69.15 ve tahmin R^2 % 22.74 bulunmuştur. Tahmin R^2 değeri düşük olduğundan model optimizasyonunda kuru madde analizine yer verilmemiştir.

Çizelge 4.9'da % Kuru madde analizinin varyans tablosu verilmiştir. Tablo incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden kurutma sıcaklığının istatistiksel olarak en fazla öneme sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca ikinci dereceden ilişkilerde maserasyon sıcaklığı ile saatinin çarpımı, maserasyon basıncı ile saatinin çarpımı ve maserasyon sıcaklığının karesi istatistiksel olarak % kuru madde üzerinde etkilidir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

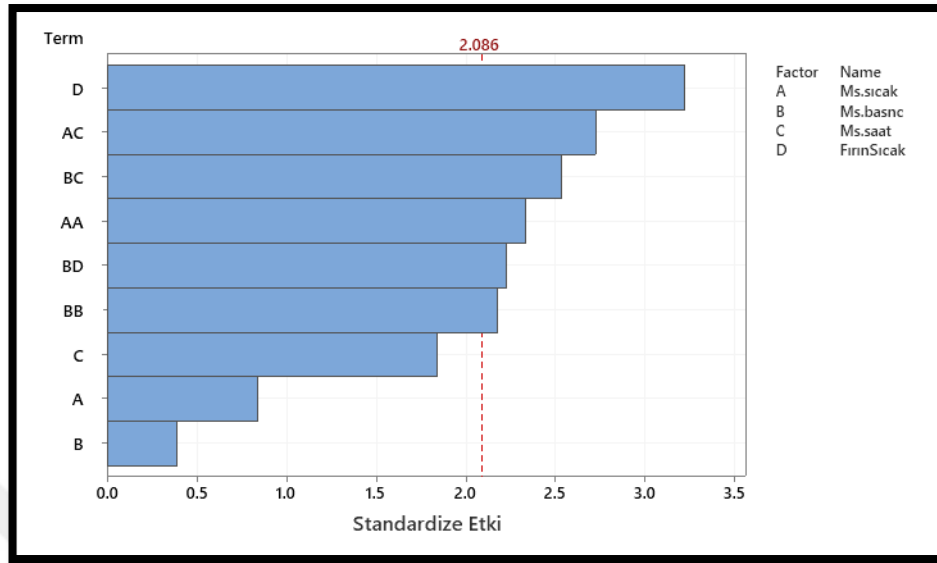
Çizelge 4.9. Çilek örneklerinin % kuru madde değeri varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	9	69.15	4.98	0.001
Linear ilişki	4	22.5	3.65	0.022
Ms.sıcak	1	1.08	0.70	0.412
Ms.basnc	1	0.24	0.15	0.699
Ms.saat	1	5.23	3.39	0.080
FırınSıcak	1	15.98	10.36	0.004
Karesel ilişki	2	17.6	5.72	0.011
Ms.sıcak*Ms.sıcak	1	10.34	5.43	0.030
Ms.basnc*Ms.basnc	1	7.30	4.73	0.042
2.derece interaksiyon	3	28.97	6.26	0.004
Ms.sıcak*Ms.saat	1	11.43	7.41	0.013
Ms.basnc*Ms.saat	1	9.92	6.43	0.020
Ms.basnc*FırınSıcak	1	7.63	4.95	0.038
Hata	20	30.85		
Lack-of-Fit	17	29.34	3.44	0.168
Pure Error	3	1.50		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.6'da gösterilen pareto kartında verildiği üzere modelde % kuru madde üzerine etkili olan birinci dereceden tek faktör kurutma sıcaklığıdır. Bunun yanında ikinci dereceden etkili olan faktörler maserasyon sıcaklığı ve saatinin çarpımı, maserasyon sıcaklığının karesi ve maserasyon basıncı ile saatinin

çarpımıdır. Diğer faktörlerin % kuru madde üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamaktadır ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.6. Çilek örneklerinin kuru madde içeriği pareto kartı

Denemelerde kurutulmuş çileklerin nem değerleri % 5.62 ile % 12.51 arasında değişmekte olup, ortalama % 8.98 bulunmuştur. de Bruijn vd., 2016 tarafından yapılan çalışmada vakum kurutma ile kurutulan çileklerin yüzde nem değeri % 29.3 ± 0.5 olarak bulunmuş olup tarafımızca yapılan çalışmadaki kurutulmuş çileklerin nem değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Güneşte kurutulan çileklerin nem değeri % 11.95-14.46 arasında bulunmuş ve çalışmada bulduğumuz değerlerle benzer seyretmiştir (El-Beltagy vd., 2007). Modifiye atmosfer ile kapalı çevrim çilek kurutma yapılan bir çalışmada nem değeri %8.5 bulunmuştur ve çalışmada bulduğumuz değerlerle uyumludur (Cam vd., 2018). Yüksek basınç uygulanan çilek dilimlerinin kurutulduğu bir çalışmada nem içerikleri % 3.88-7.70 aralığında çalışmamızda bulunan değerlere benzer şekilde bulunmuştur (Zhang, vd., 2020b).

4.2.6. Kolorimetrik renk değerleri

Çalışmada kurutulmuş çileklerin renk analizi için L^* , a^* ve b^* , C^* , h° değerleri belirlenmiştir. L^* , a^* ve b^* değerlerinin tek başına değerlendirilmesi ürün

rengindeki değişiklikleri yorumlamak için yeterli gelmemektedir. Bu bağlamda yorum yapabilmek için C^* ve h° değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Renk Özü (hue- h°): Baskın renk dalga boyunu gösterir ve açısal olarak $[0^\circ.360^\circ]$ aralığında ifade edilir (Güllü, 2012). Bu boyut Munsell tarafından “Bir rengi diğerinden sarı, yeşil, mavi veya mordan kırmızı olarak ayırdığımız kalite” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2020). Ayrıca toplam antosiyanin madde miktarı, hue değeriyle pozitif korelasyon göstermektedir ($r = 0.9$). Antosiyaninler, çilek meyvesinin tipik renginden sorumlu olan pigmentlerdir; ancak antosiyaninlerin rengi, β halkasının hidroksilasyon modeline bağlıdır (Ornelas-Paz vd., 2013). Abers ve Wrolstad, hue açısının görsel değerlendirme ile en yüksek korelasyona sahip olduğunu savunmaktadır.

Çilek örneklerinin hue açısı sonuçları incelendiğinde açıklama oranının % 97.04 ve tahmin R^2 değerinin % 89.73 olduğu gözlenmektedir. Tahmin R^2 değerinin yüksek olması modeldeki regresyon eşıtlığının kullanılarak tahmin yapılması için yeterlidir. Bundan dolayı yapılan çalışmadaki model optimizasyonunda renk analizinin hue açısı değerine yer verilmiştir. Bu bağlamda hue açısı değeri taze çilek hedef alınarak kuru çileklerde mümkün olan en yakın taze çilek hue açısı değerinde ürün üretilmeye çalışılmıştır.

Çilek örneklerinin hue açısı analizinin varyans tablosu Çizelge 4.10’da verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden kurutma sıcaklığı hariç diğer faktörler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca ikinci dereceden ilişkilerden maserasyon sıcaklığının basıncı ile çarpımı ve maserasyon süresinin kurutma sıcaklığı ile çarpımı, karesel ilişkilerden maserasyon sıcaklığı, maserasyon basıncı ve maserasyon saatinin karesi istatistiksel olarak hue değeri üzerinde önemlidir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

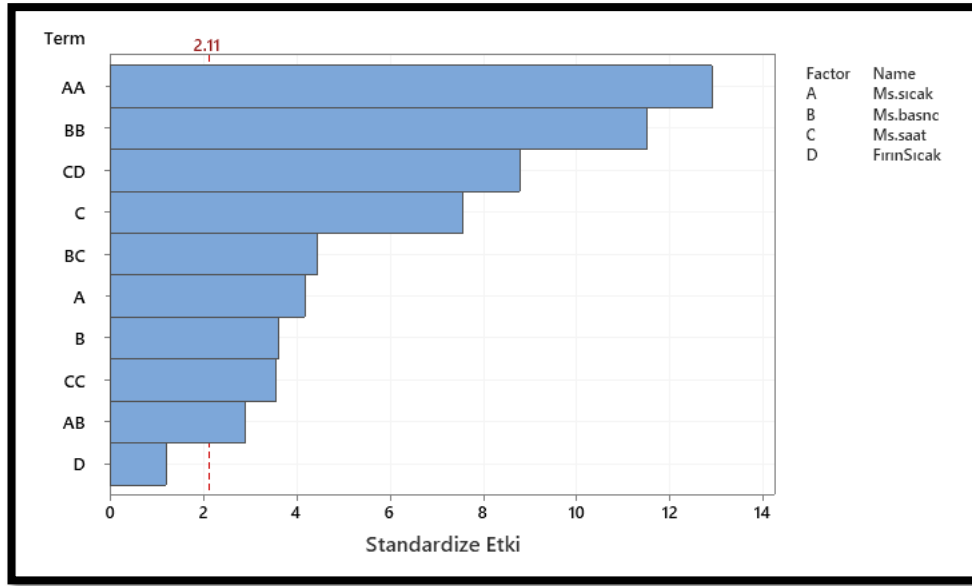
Çizelge 4.10. Çilek örneklerinin hue açısı varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-Değeri	P-Değeri
Model	12	97.04	46.47	0.000
Bloklar	2	1.38	3.97	0.038
Linear ilişki	4	15.47	22.22	0.000
Ms.sıcak	1	3.03	17.40	0.001
Ms.basnc	1	2.27	13.06	0.002
Ms.saad	1	9.92	56.98	0.000
FırınSıcak	1	0.25	1.46	0.244
Karesel ilişki	3	61.85	118.47	0.000
Ms.sıcak*Ms.sıcak	1	37.99	166.28	0.000
Ms.basnc*Ms.basnc	1	21.66	132.54	0.000
Ms.saad*Ms.saad	1	2.20	12.64	0.002
2.dereceden interaksiyon	3	18.34	35.13	0.000
Ms.sıcak*Ms.basnc	1	1.48	8.49	0.010
Ms.basnc*Ms.saad	1	3.45	19.81	0.000
Ms.saad*FırınSıcak	1	13.42	77.09	0.000
Hata	17	2.96		
Lack-of-Fit	14	2.73	2.59	0.235
Pure Error	3	0.23		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaad: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.7'de verilen pareto kartını incelediğimizde modelde hue açısı üzerine etkili olmayan tek faktör birinci dereceden kurutma sıcaklığıdır. Diğer bütün faktörler çileklerin hue açısı değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli olmakla birlikte en etkili faktörler sırasıyla maserasyon sıcaklığının karesi, maserasyon basıncının karesi, maserasyon süresi ile kurutma sıcaklığının çarpımı ve birinci dereceden faktörlerden maserasyon saatidir ($p<0.05$). Pareto kartından anlaşıldığı üzere maserasyon ön işleminin şartları renk üzerinde kurutma sıcaklığından daha fazla etkiye sahiptir. Bu sebeple CM ön işlemi uygulanan çileklerin daha iyi renge sahip olduğu görülmektedir.

Çalışmada hue açısı değeri en düşük 22.19, en yüksek 35.61 olarak kayıt edilmiş, ortalaması 28.94 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada bulunan sonuçlara benzer şekilde çileklerde hue açısı literatürde farklı çalışmalarda 28.50 olarak bulunmuştur (Ayala-Zavala vd., 2004; Crecente-Campo vd., 2012; Zhang, vd., 2020b).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.7. Çilek örneklerinin hue değeri pareto kartı

Çizelge 4.11’de sunulan denklem tablosunda modelden elde edilen regresyon denklemi kullanılarak maserasyon şartları ve kurutma sıcaklığı verileri girilerek kurutma ve maserasyon yapılmadan çileklerin hue açısı değerinin teorik tahmini yüksek oranda doğrulukla yapılabilir.

Çizelge 4.11. Çilek örneklerinin hue değeri regresyon denklemi

Sabit	69.77
Ms.sıcak	+0.9515
Ms.basnc	-7.51
Ms.saat	-3.155
FırınSıcak	-0.7490
Ms.sıcak*Ms.sıcak	0.01910
Ms.basnc*Ms.basnc	2.455
Ms.saat*Ms.saat	+0.01706
Ms.sıcak*Ms.basnc	-0.0685
Ms.basnc*Ms.saat	-0.1883
Ms.saat*FırınSıcak	+0.05573

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

4.2.7. Rehidrasyon oranı

Rehidrasyon oranı analizinin sonuçları istatistik açısından incelendiğinde açıklama oranı % 72.30 ve tahmin R^2 değeri % 48.22 olarak tespit edilmiştir.

Tahmin R^2 değeri düşük olduğu için modeldeki tahmin gücü zayıftır. Bundan dolayı model optimizasyonunda rehidrasyon oranı değerine yer verilmemiştir.

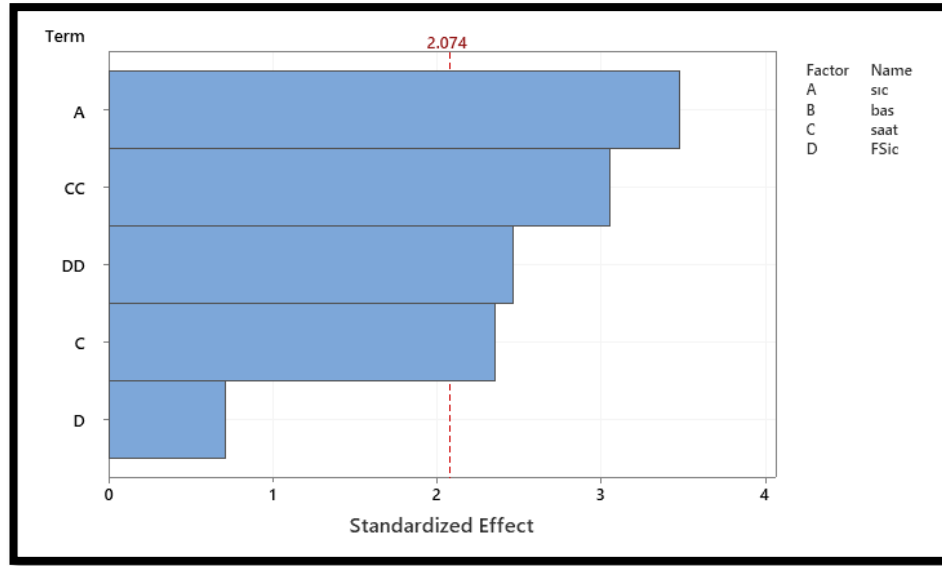
Çizelge 4.12’de verilen varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden ilişki olarak maserasyon sıcaklığı ve maserasyon süresi önem seviyesinin istatistiksel olarak önemli diğer faktörlerin ise önemsiz çıktığı görülmüştür. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Blokların etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.12. Çilek örneklerinin rehidrasyon oranı değeri varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	7	72.30	8.20	0.000
Bloklar	2	32.00	12.71	0.000
Linear ilişki	3	22.82	6.04	0.004
Ms.Sıcak	1	15.24	12.10	0.002
Ms.saat	1	6.96	5.53	0.028
FırınSıcak	1	0.63	0.50	0.487
2.derece interaksiyon	2	17.48	6.94	0.005
Ms.saat* Ms.saat	1	9.82	9.30	0.006
FırınSıcak*FırınSıcak	1	7.65	6.08	0.022
Hata	23	27.70		
Lack-of-Fit	20	26.49	3.45	0.168
Pure Error	3	1.21		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.8’de verilen pareto kartı incelendiğinde modelde rehidrasyon oranı üzerine en etkili olan faktörler maserasyon sıcaklığı daha sonra maserasyon süresinin karesidir. Maserasyon işleminin kurutulan çileklerin rehidrasyon oranı üzerine olumlu yönde fayda sağladığı düşünülmektedir. Kurutma sıcaklığının birinci dereceden tek başına rehidrasyon üzerinde önemli derecede etkili olmadığı görülmekle beraber kurutma sıcaklığının karesi çileklerin rehidrasyonunda önemli derecede etkiye sahiptir.



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.8. Rehidrasyon oranı pareto kartı

Rehidrasyon oranı, kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneği hakkında bir fikir vermektedir. Yapılan çalışmada rehidrasyon analizi sonuçları 3.19 ile 3.86 g/g arasında değişiklik göstermektedir. Xu vd., 2021 tarafından yapılan çalışmada ultrasonik ön işleme tutulan kurutulmuş çileklerin kontrol grubundan % 22.57 daha yüksek olmak üzere rehidrasyon oranı 3.47 g/g olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak ultrasonik dalgaların oluşturduğu mikrokanaalları çileğin yapısını değiştirerek rehidrasyonu iyileştirdiği öne sürülmektedir (Alenyorege vd., 2020). Nitekim dondurularak kurutulmuş çileklerin rehidrasyon oranı değerlerinin 4.3-6.9 arasında değiştiği ve konvektif olarak 40 °C ve 50 °C sıcaklıklarda kurutulan çileklerin rehidrasyon oranının ise 6.3 – 7.0 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Gamboa-Santos vd., 2014). Çalışmada elde edilen rehidrasyon oranı dondurularak kurutulmuş çileklerle benzer bulunmuştur. Çalışmada bulunan rehidrasyon oranı değerleri ultrasonikasyon ön işlemi uygulanan dondurularak kurutulmuş çilek değerleri olan 2-6 g/g değerleriyle de oldukça benzer bulunmuştur (Cheng vd., 2014). Güneşte kurutulan çileklerin rehidrasyon oranı 2.57-3.46 arasında bulunmuş ve çalışmada bulduğumuz değerlerle benzer seyretmiştir (El-Beltagy vd., 2007).

4.2.8. Tekstür analizi

Kurutulmuş çileklerin tekstür analizi için light knife blade (LKB; sertlik), puncture (kabuk direnci testi) ve elastikiyet değeri incelenmiştir. LKB analizi için sonuçlar incelendiğinde LKB analizinin açıklama oranı % 20.15 ve tahmin R^2 değerinin % 0.00 düşük olduğu görülmektedir. Tahmini R^2 değeri sıfır olduğu için modelde tahmin gücü yoktur. Bundan dolayı model optimizasyonunda bu analize yer verilmemiştir.

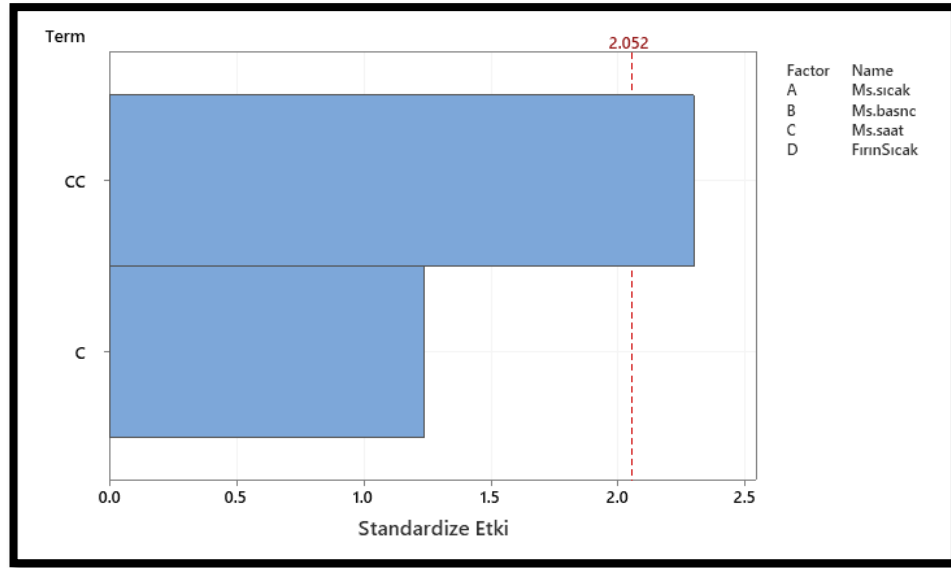
Çilek örneklerine yapılan LKB analizinin varyans tablosu Çizelge 4.13'de incelendiğinde birinci dereceden ve ikinci dereceden ilişkiler istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Sadece karesel ilişki olarak maserasyon süresinin karesi önemli çıkmıştır. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.13. Çilek örneklerinin tekstür analizi lkb değeri varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	2	20.15	3.41	0.048
Linear ilişki	1	4.53	1.53	0.227
Ms.saat	1	4.53	1.53	0.227
Karesel ilişki	1	15.62	5.28	0.030
Ms.saat*Ms.saat	1	15.62	5.28	0.030
Hata	27	79.85		
Lack-of-Fit	24	70.08	0.90	0.638
Pure Error	3	9.78		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.9'da gösterilen pareto kartından anlaşıldığı üzere modelde LKB analizi üzerine etkili olan tek faktör maserasyon süresinin karesidir. Bunun yanı sıra maserasyon süresi birinci dereceden etkili olmakla beraber istatistiksel olarak bu etki önemli değildir. Diğer faktörlerin LKB analizi üzerinde bir etkisi görülmemektedir ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaar: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.9. Çilek örneklerinin tekstür (sertlik) değeri pareto kartı

Kurutulmuş çileklerin tekstür analizinde delme testi (kabuk direnci testi) yapılmıştır. Bu testin sonuçları incelendiğinde açıklama oranının düşük olduğu % 21.40 ve tahmin R^2 değerinin % 0.00 olmadığı görülmektedir. Tahmin R^2 değeri sıfır olduğu için modelde tahmin gücü yoktur. Bundan dolayı model optimizasyonunda bu analize yer verilmemiştir.

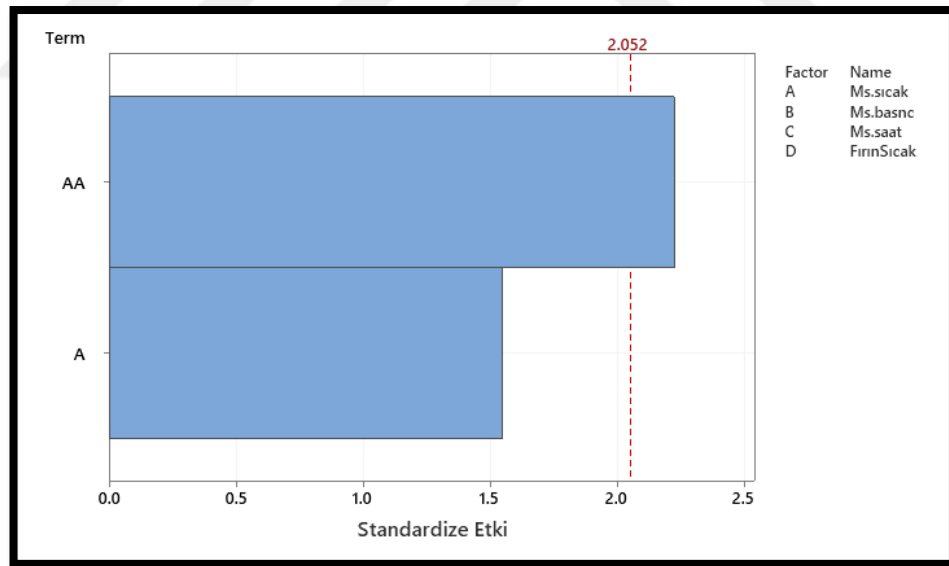
Çilek örneklerine yapılan kabuk direnci analizinin Çizelge 4.14'te sunulan varyans tablosuna göre birinci dereceden ilişkiler istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Sadece karesel ilişki olarak maserasyon sıcaklığının karesi önemli çıkmıştır. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.14. Çileklerin tekstür analizi (kabuk direnci testi) varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	2	21.40	3.68	0.039
Linear ilişki	1	6.99	2.40	0.133
Ms.sıcak	1	6.99	2.40	0.133
Karesel ilişki	1	14.41	4.95	0.035
Ms.sıcak*Ms.sıcak	1	14.41	4.95	0.035
Hata	27	78.60		
Lack-of-Fit	24	71.34	1.23	0.501
Pure Error	3	7.26		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.10'da gösterilen pareto kartı incelendiğinde modelde kabuk direnci üzerine etkili olan tek faktör maserasyon sıcaklığının karesidir. Bunun yanı sıra maserasyon sıcaklığı birinci dereceden etkili olmakla beraber istatistiksel olarak bu etki önemli değildir. Diğer faktörlerin kabuk direnci üzerinde bir etkisi görülmemektedir ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.10. Çilek örneklerinin tekstür (kabuk direnci) pareto kartı

Kurutulmuş çilekler üzerinde yapılan elastikiyet testi incelendiğinde analizinin açıklama oranı % 59.78 ve tahmin R^2 değeri % 37.79 düşük ve modeli açıklamada yeteri kadar yüksek olmadığı görülmektedir. Bundan dolayı model optimizasyonunda bu analize yer verilmemiştir.

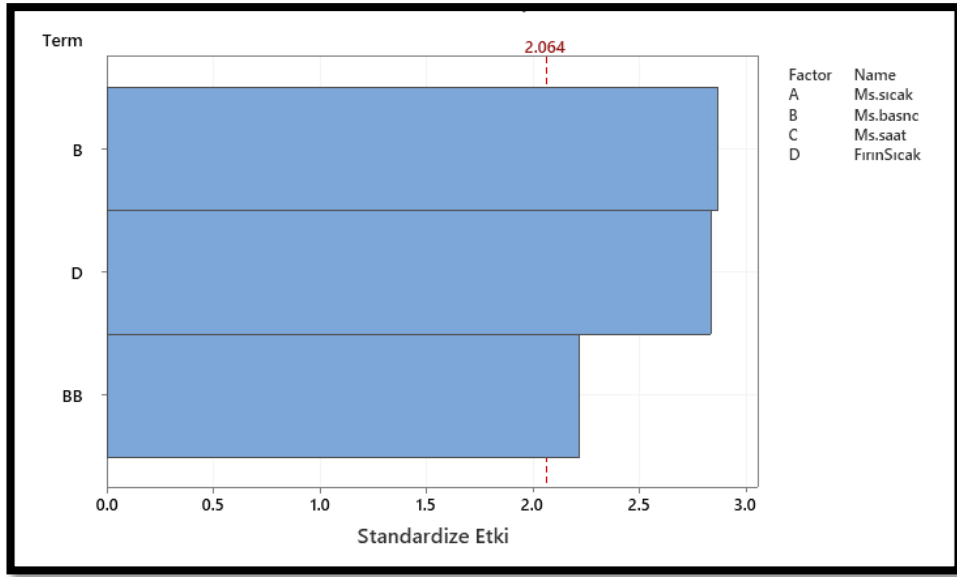
Çilek örneklerine yapılan elastikiyet analizinin varyans tablosu Çizelge 4.15’de incelendiğinde birinci dereceden maserasyon basıncı ve kurutma sıcaklığı istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Karesel ilişki olarak maserasyon basıncının karesi istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.15. Çilek örneklerinin tekstür analizi elastikiyet varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	5	59.78	7.13	0.000
Bloklar	2	24.37	7.27	0.003
Linear ilişki	2	27.20	8.11	0.002
Ms.basnc	1	13.76	8.21	0.009
FırınSıcak	1	13.44	8.02	0.009
Karesel ilişki	1	8.22	4.90	0.037
Ms.basnc*Ms.basnc	1	8.22	4.90	0.037
Hata	24	40.22		
Lack-of-Fit	21	36.39	1.36	0.458
Pure Error	3	3.83		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.11’de sunulan pareto kartı yorumlandığında modelde elastikiyet analizi üzerine etkili olan faktörler sırasıyla maserasyon basıncı, kurutma sıcaklığı ve karesel ilişki olarak maserasyon basıncının karesidir. Diğer faktörlerin kurutulmuş çileklerde elastikiyet analizi üzerinde bir etkisi görülmemektedir ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.11. Çilek örneklerinin tekstür (elastikiyet) değeri pareto kartı

Karbondioksit maruz kalan gıdalarda, bitkisel dokularda bulunan yüksek molekül ağırlığına sahip pektin, hemiselüloz, selüloz gibi bileşikler glukoz, arabinoz gibi daha küçük moleküllere parçalanmakta ve hücre duvarı deforme olabilmektedir (Krall ve McFeeters, 1998). CM işlemi ile meydana gelen bu parçalanma ve hücre duvarının zarar görmesi sonucunda çileklerin dokusu bozulmakta ve dışardan uygulanan kuvvetlere karşı direnci azalmaktadır. Çalışmada kurutulmuş çileklerin tekstür analiz sonuçları incelendiğinde sertlik değeri en düşük 1406.27 g kuvveti ile en yüksek 3385.39 g kuvveti bulunmuş, kabuk direnci en düşük 390.32 g kuvveti en yüksek 1463.77 g kuvveti bulunmuş, elastikiyet değeri ise en düşük 2.16 mm en yüksek 3.92 mm bulunmuştur. Çalışmada bulunan verilere yakın değerlerde IR ön kurutma uygulamasının ardından dondurarak kurutulan çileklerde 350-800 g kabuk direnci değeri tespit edilmiştir (Shih vd., 2008). Çalışmada bulunan tekstür değerlerine benzer şekilde CM işlemi uygulanan domates dilimleri üzerine yapılan bir çalışmada sertlik değeri CM işlemli örneklerde 2148 g, kontrol örneklerinde 3575 g, kabuk direnci değeri CM işlemli örneklerde 1437 g, kontrol örneklerinde 2387 g, elastikiyet değeri CM işlemli örneklerde 5.05 mm, kontrol örneklerinde 6.06 mm bulunmuştur (Turgut vd., 2018). Çalışmada bulunan elastikiyet değerlerine oldukça yakın değerlerde dondurarak ve sıcak hava ile kurutulan çileklerde 1.0-3.48 mm arasında elastikiyet değerleri bulunmuştur (Alonzo-Macías vd., 2014).

4.2.9. Askorbik asit miktarı

Kurutulmuş çilek örneklerinin askorbik asit miktarı analizinin sonuçları incelendiğinde açıklama oranı % 85.16 ve tahmin R^2 değeri % 70.87 bulunmuştur. Tahmin R^2 değerinin kabul edilebilir seviyede olması modeldeki regresyon eşitliğinin kullanılarak tahmin yapılması için yeterlidir. Bundan dolayı model optimizasyonunda askorbik asit miktarı analizine yer verilmiştir.

Çizelge 4.16'da sunulan kurutulmuş çilek örneklerinin askorbik asit miktarı analizinin varyans tablosu incelendiğinde çileklerin h° değerine benzer şekilde birinci dereceden faktörlerden kurutma sıcaklığı hariç diğer faktörler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca ikinci dereceden ilişkilerden maserasyon basıncının kurutma sıcaklığı ile çarpımı istatistiksel olarak askorbik asit miktarı üzerinde önemlidir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

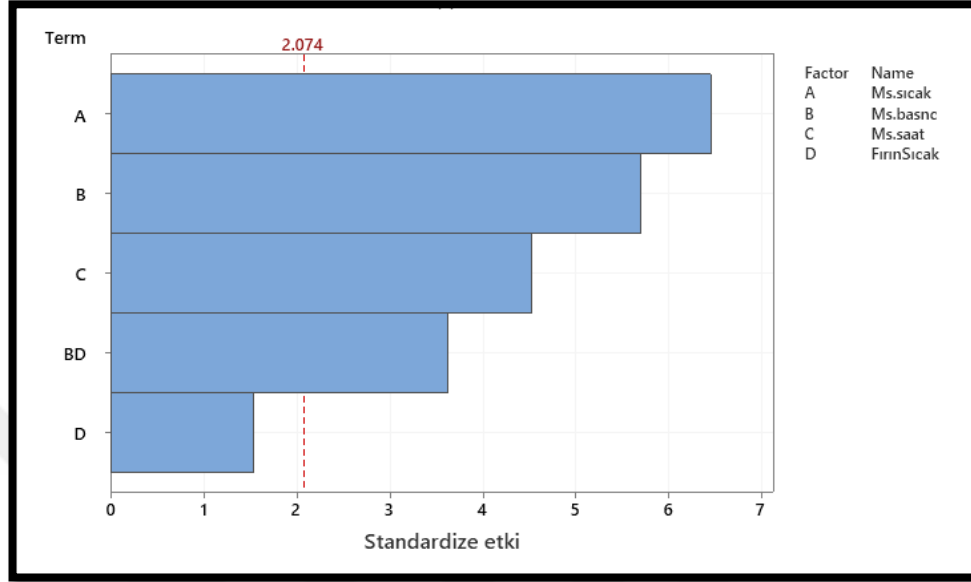
Çizelge 4.16. Çilek örneklerinin askorbik asit miktarı varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-Değeri	P-Değeri
Model	7	85.16	18.04	0.000
Bloklar	2	11.06	8.20	0.002
Linear ilişki	4	65.27	24.20	0.000
Ms.sıcak	1	28.05	41.60	0.000
Ms.basnc	1	21.84	32.38	0.000
Ms.saat	1	13.78	20.44	0.000
FırınSıcak	1	1.60	2.38	0.138
2. dereceden interaksiyon	1	8.84	13.10	0.002
Ms.basnc*FırınSıcak	1	8.84	13.10	0.002
Hatalar	22	14.84		
Lack-of-Fit	19	12.13	0.71	0.731
Pure Error	3	2.71		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.12'de gösterilen pareto kartı incelendiğinde modelde askorbik asit analizi üzerine etkili olan faktörler sırasıyla maserasyon sıcaklığı, maserasyon basıncı, maserasyon süresi ve ikinci derece ilişki olarak maserasyon basıncının kurutma

sıcaklığı ile çarpımıdır. Bunun yanı sıra birinci dereceden kurutma sıcaklığı etkili olmakla beraber istatistiksel olarak bu etki önemli değildir. Diğer ilişkilerin askorbik asit miktarı analizi üzerinde bir etkisi görülmemektedir ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaad: CM süresi, FınnSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.12. Çilek örneklerinin askorbik asit miktarı pareto kartı

Çizelge 4.17'deki denklem tablosunda sunulan modelden elde edilen regresyon denklemini kullanılarak maserasyon şartları ve kurutma sıcaklığı verileri girilerek kurutma ve maserasyon yapılmadan çileklerin askorbik asit miktarı tespiti tahmin R^2 oranında doğrulukla yapılabilmektedir.

Askorbik asit insan beslenmesinde önemli bir role sahiptir ve günlük diyetle yer alan bir vitamindir. Bu bağlamda modelde askorbik asit miktarı optimizasyonda maksimize edilmiştir.

Kurutma ve CM şartlarındaki değişimlerden en fazla askorbik asit miktarı etkilenmiştir. Askorbik asit miktarı en yüksek 698.53, en düşük 64.61, ortalama 304.07 mg A.A./100 g km tespit edilmiştir. Askorbik asit miktarı sonucu literatürde yayınlanan çalışmalarla benzer şekilde 86-710 mg A.A./100 g km aralığında tespit edilmiştir (Conti vd., 2014; Crecente-Campo vd., 2012; Nunes ve Delgado, 2014; Ornelas-Paz vd., 2013; Wojdyło vd., 2009; Yıldız vd., 2014)

Çizelge 4.17. Askorbik asit miktarı regresyon denklemi (mg A.A./100g km)

Sabit	3348
Ms.sıcak	- 8.97
Ms.basnc	- 983
Ms.saat	- 11.31
FırınSıcak	- 40.8
Ms.basınç*FırınSıcak	+ 14.79

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

4.2.10. Hidroksimetilfurfural miktarı

Kurutulmuş çilek örneklerinde yapılan HMF analizlerinin sonucunda örneklerde HMF tespit edilememiştir. Bundan dolayı modelde yer alamamaktadır. Literatürde kurutulmuş çileklerin HMF içerdiği ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kiraz üzerine dondurarak, konvektif ve mikrodalga-vakum kurutma yapılan bir çalışmada da çalışma bulgularımıza benzer şekilde dondurarak kurutmada ve konvektif kurutmada 70°C sıcaklığa kadar olan sıcaklıklarda HMF tespit edilmemiş, 70 °C ve üzerinde 0.2 mg/kg km HMF tespit edilmiştir. Mikrodalga-vakum kurutmada (360 W) 1.2 mg/kg km HMF tespit edilmiştir (Wojdyło vd., 2014).

4.2.11. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde analizinin sonuçları değerlendirildiğinde açıklama oranının % 84.60 ve düzeltilmiş R² değerinin % 75.19 olduğu görülmektedir. Fakat model özetinde tahmin R² değeri % 61.99 olup, yeteri kadar yüksek olmadığı için modeldeki tahmin gücü zayıftır. Bundan dolayı model optimizasyonunda bu analiz değerine yer verilmemiştir.

Çizelge 4.18’de sunulan varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden kurutma sıcaklığı, maserasyon sıcaklığı ve maserasyon süresi istatistiksel olarak önemli çıkmaktadır. İkinci dereceden ilişkiler incelendiğinde maserasyon basıncı ve kurutma sıcaklığının çarpımı, maserasyon sıcaklığı ve süresinin çarpımı, maserasyon sıcaklığı ve basıncının çarpımı ile maserasyon

basıncı ve süresinin etkili olduğu görülmektedir. Karesel ilişkiler ise etkili olmakla birlikte düşük oranda etkiye sahiptir.

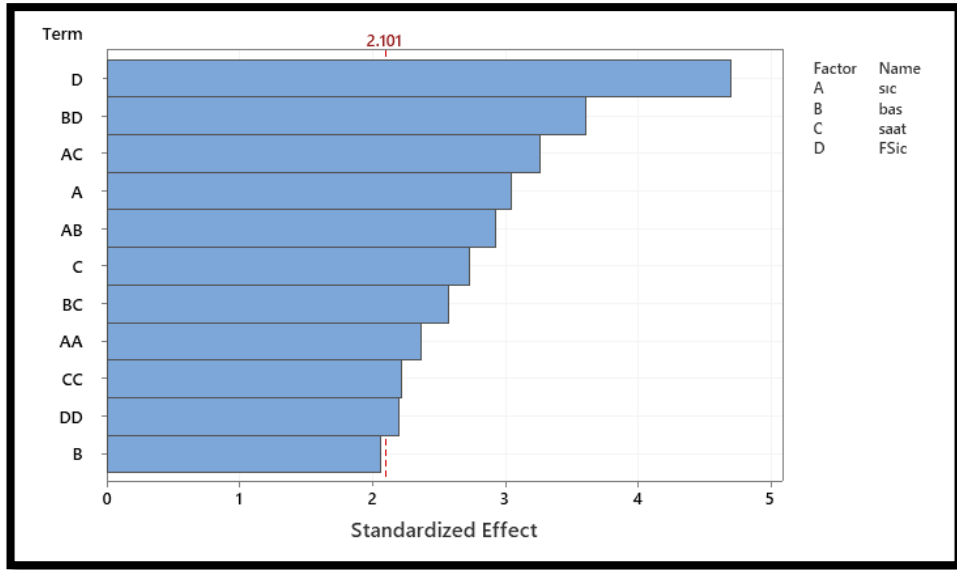
Çizelge 4.18. Toplam fenolik madde miktarı varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	11	84.60	8.99	0.000
Linear ilişki	4	36.80	10.75	0.000
Ms.sıcak	1	7.92	9.25	0.007
Ms.Basnc	1	3.63	4.24	0.054
Ms.saat	1	6.36	7.44	0.014
FırınSıcak	1	18.89	22.08	0.000
Karesel interaksiyon	3	14.59	5.69	0.006
Ms.sıcak* Ms.sıcak	1	7.16	5.58	0.030
Ms.saat* Ms.saat	1	3.30	4.94	0.039
FırınSıcak* FırınSıcak	1	4.14	4.84	0.041
İkinci derece interaksiyon	4	33.20	9.70	0.000
Ms.sıcak* Ms.Basnc	1	7.32	8.56	0.009
Ms.sıcak* Ms.saat	1	9.11	10.65	0.004
Ms.Basnc* Ms.saat	1	5.68	6.64	0.019
Ms.Basnc* FırınSıcak	1	11.09	12.96	0.002
Hata	18	15.40		
Lack-of-Fit	15	13.20	1.20	0.505
Pure Error	3	2.20		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler modele dahil edilmemiştir. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Şekil 4.13’de verilen pareto kartı incelendiğinde toplam fenolik madde üzerine en yüksek etkinin kurutma sıcaklığı olduğu görülmektedir ve veriler incelendiğinde kurutma sıcaklığı arttıkça fenolik madde oranının azaldığı görülmüş olup fenolik madde miktarıyla ters orantılı olduğu gözlenmiştir. Etki oranları daha sonra sırasıyla maserasyon basıncı ve kurutma sıcaklığının çarpımı, maserasyon sıcaklığı ve süresinin çarpımı ile maserasyon sıcaklığının ve süresinin birinci dereceden etkisidir. Toplam fenolik madde üzerinde maserasyon basıncının birinci dereceden etkisinin istatistiksel olarak etkili olmadığı görülmektedir ($p>0.05$).



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasınc: CM basıncı

Şekil 4.13. Çilek örneklerinin toplam fenolik madde miktarı pareto kartı

Toplam fenolik madde miktarının en çok sıcaklıktan daha sonra süreden etkilendiği gözlenmiş basıncın ise tek başına yüksek bir etkisi gözlemlenmemiştir. Toplam fenolik madde miktarı analizi yeterli tahmin R^2 değeri sağlamadığı için optimizasyona dahil edilmemiştir ancak daha yüksek fenolik madde içeren ürünler elde etmek için kurutma sıcaklığı, maserasyon sıcaklığı ve süre mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır.

Yapılan kurutumlarda TFM en düşük 15.18, en yüksek 24.03, ortalama 18.53 mg GAE/g km bulunmuştur. Xu vd., 2021 yılında yaptıkları çalışmada çilek örneklerine ultrasonikasyon ön işlemi uygulamış ve vakum kurutma ile kurutmuştur. Kurutulmuş çilek örneklerinde TFM çalışmada bulduğumuz sonuçlara oldukça yakın değerlerde 24-31 mg GAE/g km olarak bildirmiştir. Wojdyło vd., 2009 yılında vakum, dondurarak ve konvektif kurutma ile kuruttukları 2 farklı çeşit çilek örneklerinde fenolik madde içeriklerini çalışmada bulunan değerlere benzer şekilde 15-25 mg GAE/g km olarak bildirmiştir (Alonzo-Macías vd., 2013). Sıcak hava ile kurutulmuş çileklerde bulgularımıza benzer şekilde 16.18 mg GAE/g km TFM bulmuştur. Ertekin vd., 2014 yılında infrared kurutma ile çilek dilimleri kurutmuş ve TFM 11-14 mg GAE/g km olarak bulmuştur. Zhang vd., 2020a yılında yaptıkları ultra-yüksek basınç uygulaması ile vakumlu-dondurarak kurutulan çilek cipslerinde TFM 156 mg GAE/g km

olarak bildirmiştir. Çalışmada bulunan fenolik madde bizim değerlerimizden oldukça yüksektir. Bu durum üzerinde kurutulan çilek çeşidi, ön işlem uygulamaları ve kurtuma yöntemi etkili olduğu düşünülmektedir.

4.2.12. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini

Antioksidan aktivite tayini analizinin sonuçları model üzerinde incelendiğinde toplam fenolik madde miktarı analizine benzer şekilde açıklama oranı % 77.92 ve düzeltilmiş R^2 % 72.16 değerinin kısmen yüksek olduğu görülmektedir. Tahmin R^2 değerinin % 59.78 model optimizasyonunda kullanılabilecek kadar yüksek olmaması sebebiyle modele dahil edilmemiştir.

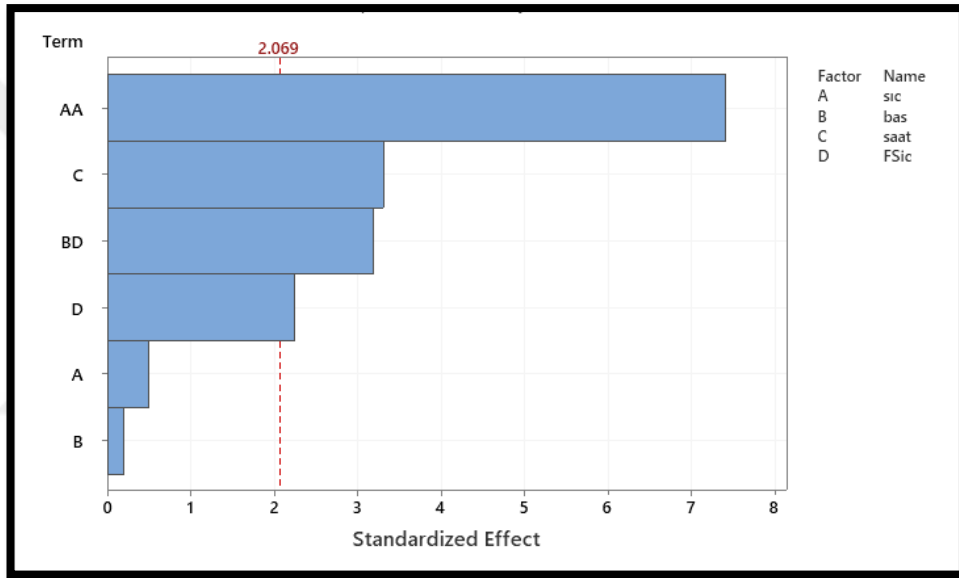
Çizelge 4.19’da verilen varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden maserasyon süresi ve kurutma sıcaklığı, karesel ilişkide ise maserasyon sıcaklığının karesi ve ikinci derece interaksyonda maserasyon basıncı ile kurutma sıcaklığının çarpımı istatistiksel olarak antioksidan aktivite üzerinde önemli olduğu görülmektedir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsizdir ($p>0.05$).

Çizelge 4.19. Çilek örneklerinin antioksidan aktivite (DPPH metodu) varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	6	77.92	13.53	0.000
Linear ilişki	4	15.61	4.07	0.012
Ms.sıcak	1	0.24	0.25	0.621
Ms.Basnc	1	0.04	0.04	0.847
Ms.sa	1	10.49	10.92	0.003
FırınSıcak	1	4.84	5.05	0.035
Karesel ilişki	1	52.55	54.75	0.000
Ms.sıcak*Ms.sıcak	1	52.55	54.75	0.000
İkinci derece ilişki	1	9.76	10.17	0.004
Ms.Basnc*FırınSıcak	1	9.76	10.17	0.004
Hata	23	22.08		
Lack-of-Fit	20	19.41	1.09	0.549
Pure Error	3	2.66		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSa: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.14'te sunulan pareto kartı incelendiğinde antioksidan aktivite üzerinde en etkili olan faktör maserasyon sıcaklığının karesidir. Maserasyon sıcaklığı ve basıncı birinci dereceden istatistiksel olarak etkili değildir. Kurutma sıcaklığının da önemli derecede antioksidan aktivite üzerinde etkisi gözlenmektedir. Çileklerin kurutulmasında mümkün olan en kısa maserasyon süresi, maserasyon ve kurutma sıcaklığı seçilerek fenolik madde miktarına benzer şekilde daha yüksek değerlerde antioksidan aktiviteye sahip ürün elde edilecektir. Maserasyon basıncının önemli derecede etkisi olmadığı gözlemlendiği için maserasyonda basınç yüksek değerlerde kullanılabilir.



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasınc: CM basıncı

Şekil 4.14. Örneklerinin antioksidan aktivite (DPPH) pareto kartı

Yapılan çalışmada DPPH analizi sonuçlarına bakıldığında en düşük 20.89, en yüksek 28.89, ortalama 25.10 mg T.E./g km, ortalama 100,28 μ mol T.E./g km değerleri tespit edilmiştir. Tylewicz vd., 2019 yılında yaptıkları çalışmada kurutulmuş çilek örneklerine DPPH analizi yapmış ve antioksidan aktivitesini farklı kurutma metotlarında 20-70 μ mol T.E./g km aralığında tespit etmiştir. Bazı literatürlerde DPPH inhibisyon oranı olarak verilmiştir. Çalışmamızda inhibisyon oranları en yüksek 95.57, en düşük 66.76 olarak bulunmuş ve ortalama değeri 78.11 ± 7.11 olarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda literatürde Xu vd., (2021) ultrasonik ön işlem uygulanan vakum kurutulan örneklerde % 53.58-63.11

arasında, Zhang, vd., (2020a) ultrason ön işleme dondurarak kurutulan çilek cipslerinde 68.68-92.66 arasında % inhibisyon değerleri bulmuşlardır. Çalışmada bulunan antioksidan aktivite değerleri ile literatür benzer niteliktedir.

4.2.13. ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite tayini

Antioksidan aktivite tayini analizi istatistiksel açıdan incelendiğinde açıklama oranı % 92.39, düzeltilmiş R^2 değerinin % 90.41 olduğu görülmektedir. Tahmin R^2 değeri de % 87.56 olarak hesaplanmıştır ve tahmin gücü yüksektir. Bundan dolayı model optimizasyonunda ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite analizine yer verilmiştir.

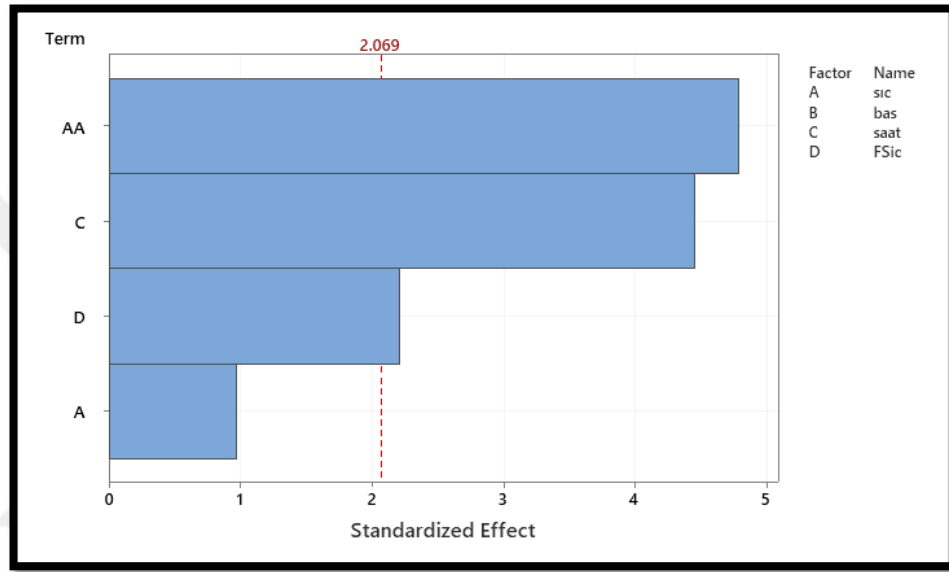
Çizelge 4.20’de sunulan varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden faktörlerden maserasyon süresi ve kurutma sıcaklığı, karesel ilişkide ise maserasyon sıcaklığının karesi istatistiksel olarak antioksidan aktivite üzerinde önemli olduğu görülmektedir. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsizdir ($p>0.05$).

Çizelge 4.20. Çilek örneklerinin Antioksidan aktivite (ABTS metodu) varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	6	92.39	46.56	0.000
Bloklar	2	76.32	115.38	0.000
Linear ilişki	3	8.49	8.55	0.001
Ms.Sıcak	1	0.31	0.93	0.344
Ms.Saat	1	6.56	19.83	0.000
FırınSıcak	1	1.62	4.89	0.037
Karesel ilişki	1	7.58	22.92	0.000
Ms.Sıcak*Ms.Sıcak	1	7.58	22.92	0.000
Hata	23	7.61		
Lack-of-Fit	20	6.79	1.25	0.492
Pure Error	3	0.82		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

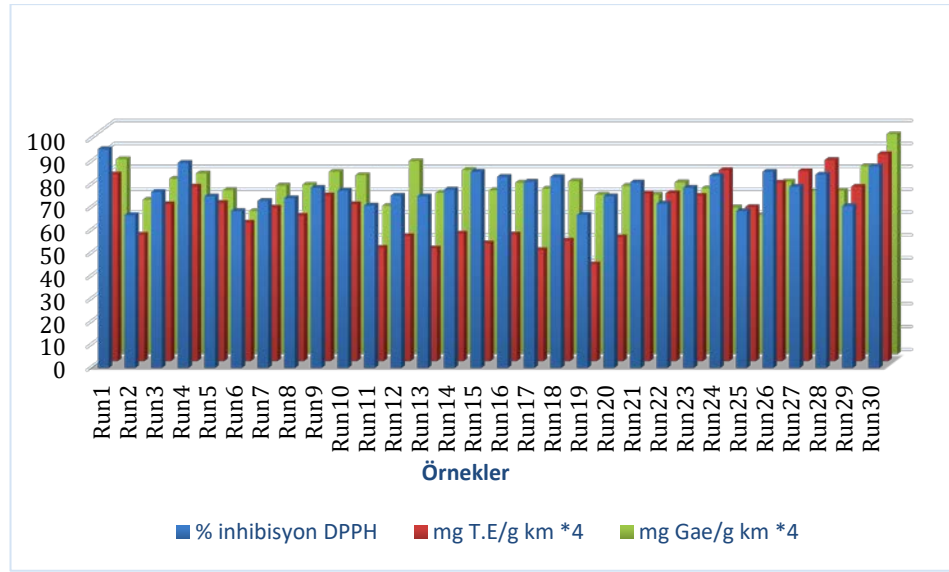
Şekil 4.15’de sunulan pareto kartı incelendiğinde DPPH analizindeki sonuçlara oldukça benzer olduğu görülmektedir. Bu tabloda da etkili olan faktör maserasyon sıcaklığının karesidir. Maserasyon sıcaklığı birinci dereceden istatistiksel olarak etkili değildir. Kurutma sıcaklığının da önemli derecede antioksidan aktivite üzerinde etkisi gözlenmektedir. Çileklerin kurutulmasında mümkün olan en kısa maserasyon süresi, maserasyon ve kurutma sıcaklığı değerlerinde daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip ürünler elde edilir.



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.15. Çilek örneklerinin antioksidan aktivite (ABTS) pareto kartı

Şekil 4.16’da kurutulmuş çilek örneklerine uygulanan iki farklı antioksidan aktivite analizi ve toplam fenolik madde analizinin sonuçları grafiğe dökülerek karşılaştırılmıştır. Grafikte noktaların üst üste kesişmesi için analiz sonuçlarına belirli katsayılarla genişletme yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda her 3 analizde birbirine oldukça yakın bir grafik izlemekte olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16. Kurutulmuş çileklerde DPPH, ABTS ve toplam fenolik madde miktarlarının karşılaştırılması

ABTS analiz sonuçları DPPH ile karşılaştırıldığında değer olarak DPPH daha yüksek değerlerde antioksidan aktivite göstermektedir. Literatürde çalışmamıza benzer şekilde aynı örneklerde antioksidan aktivite değerleri DPPH ve ABTS arasında farklılıklar göstermektedir (Wojdyło vd., 2009). ABTS analizi sonuçları en düşük 5.3, en yüksek 11.31, ortalama 8.26 mg T.E./g km, ortalama 33 μ mol T.E./g km bulunmuştur. Kirazların vakum ve mikrodalga ön işlemi ile kurutulması yapılan bir çalışmada ise taze örnekte 635 μ mol T.E./g km içerdiği, dondurarak kurutulmuş örneklerde 604, konvektif kurutulmuş örneklerde 477 μ mol T.E./g km tespit edildiği bildirilmiştir. Çalışmada taze Albion çileklerinde 89 μ mol T.E./g km antioksidan içerdiği tespit edilmişti. Bu bağlamda kuru ürünlerde konvektif kurutma ile bulunan 33 μ mol T.E./g km literatürde yapılan çalışmaya benzemektedir.

4.2.14. Antosiyanin miktarı

Antosiyanin madde miktarı sonuçları istatistik analiz ile incelendiğinde açıklama oranı % 52.36 ve tahmin R^2 değeri % 40.11 olarak hesaplanmıştır. Tahmin R^2 değeri düşük olduğu için model optimizasyonunda antosiyanin madde miktarı değerine yer verilmemiştir.

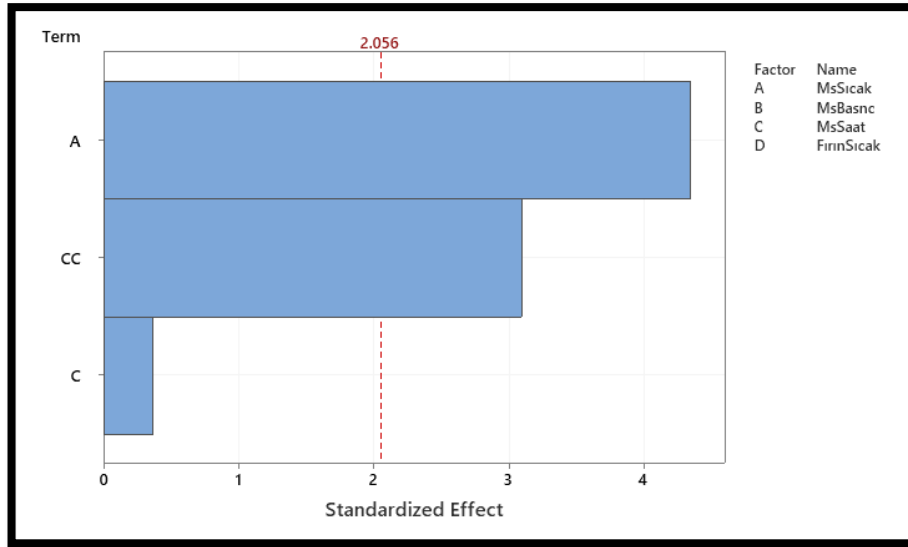
Çizelge 4.21’de verilen varyans analizi tablosu incelendiğinde birinci dereceden ilişki olarak maserasyon sıcaklığı ve maserasyon süresi p değerinin istatistiksel olarak önemli diğer faktörlerin ise önemsiz çıktığı görülmüştür. Geriye dönük eleme yöntemi ile $\alpha=0.05$ seçilmiş ve bu değerden büyük olan faktörler varyans tablosundan çıkarılmıştır. Modelin matematiksel formunun uygunsuzluk değeri önemsiz çıkmaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.21. Örneklerinin antosiyanin madde miktarı varyans analizi

	DF	Katkı (%)	F-değeri	P-değeri
Model	3	52.36	9.53	0.000
Linear ilişki	2	34.82	9.50	0.001
Ms.Sıcak	1	34.57	18.87	0.000
Ms.saat	1	0.24	0.13	0.718
2.derece interaksiyon	1	17.55	9.58	0.005
Ms.saat* Ms.saat	1	17.55	9.58	0.005
Hata	26	47.64		
Lack-of-Fit	23	40.17	0.70	0.739
Pure Error	3	7.46		
Toplam	29	100.00		

* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.17’de verilen pareto kartı incelendiğinde modelde antosiyanin madde miktarı üzerine en etkili olan faktörler maserasyon sıcaklığı daha sonra maserasyon süresinin karesidir. Maserasyon işleminin kurutulan çileklerin rehidrasyonu üzerine olumlu yönde fayda sağladığı düşünülmektedir. Kurutma sıcaklığının birinci dereceden tek başına rehidrasyon üzerinde önemli derecede etkili olamadığı görülmekle beraber Kurutma sıcaklığının karesi çileklerin rehidrasyonunda önemli derecede etkiye sahiptir.



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.17. Antosiyanin madde miktarı pareto kartı

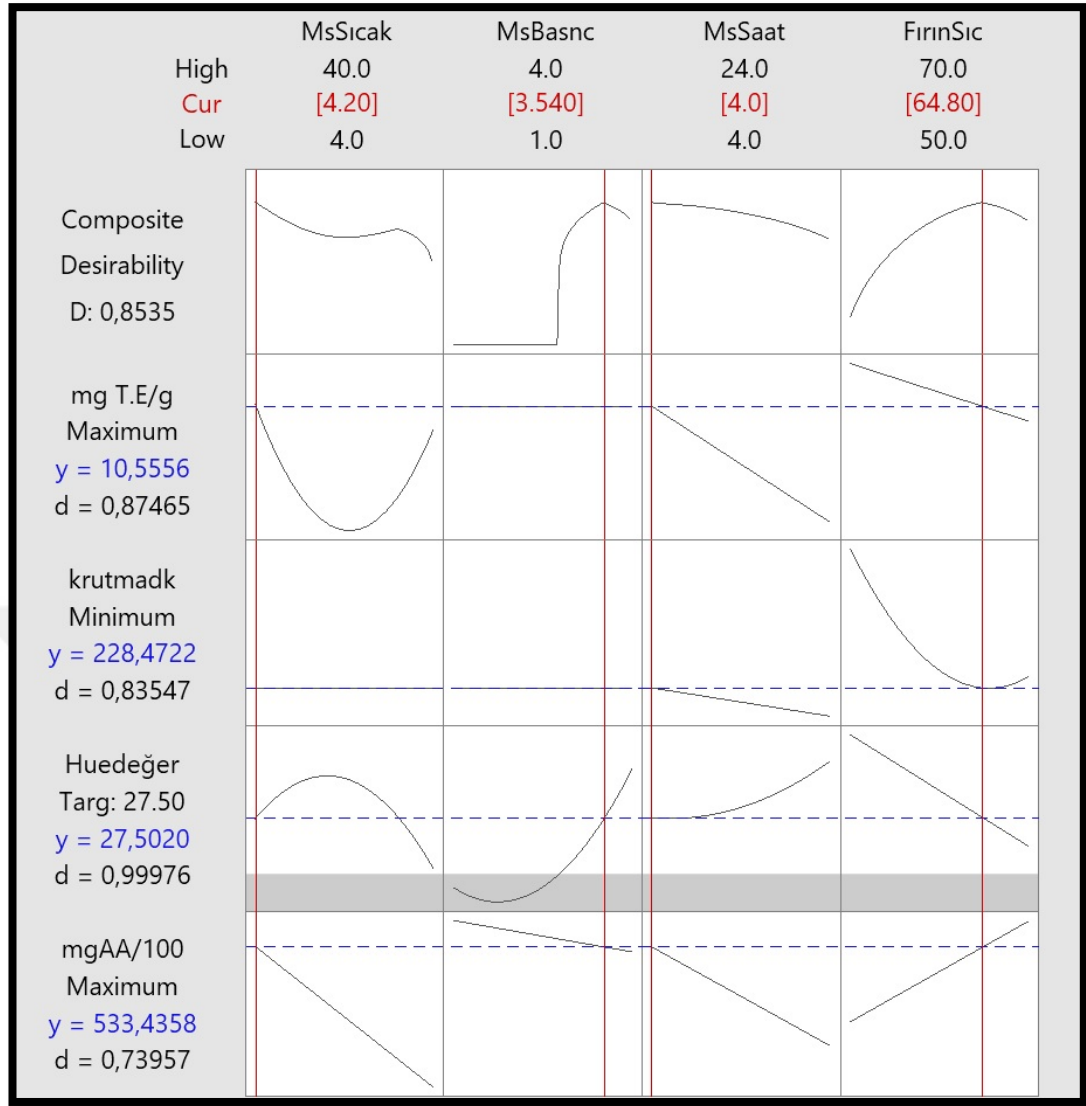
Çalışmada çilek örneklerinde 3 farklı antosiyanin standardı ile araştırma yapılmış sadece pelargonidin 3 glikozid tespit edilmiştir. Toplam antosiyanin madde miktarı en düşük 117.38, en yüksek 257.32, ortalama 206.03 mg P3G/100 g km olarak hesaplanmıştır. Çalışmamıza benzer şekilde modifiye atmosfer ile sıcak havada kurutulmuş çileklerde 574.8 mg (Cam vd., 2018), sıcak hava ile, dondurarak, ve basınç uygulaması ile kurutulan çileklerde 669-831 mg (Alonzo-Macías vd., 2013), vakum-mikrodalga ve konvektif kurutma ile üretilen elsanta ve kent çeşidi çileklerde 59-275 mg (Wojdyło vd., 2009) TAM/g KM arasında bulunmuştur. Çalışmada bulunan değerden düşük olarak (Rababah vd., 2005) kurutulmuş çileklerde 53.39 mg TAM/g KM bulunduğunu bildirmiştir.

4.3. Tam ve Yarı Kuru Çileklerin Kurutma Proses Optimizasyonu

Yanıt yüzey yöntemi, içerisinde optimizasyonu da barındıran istatistiksel bir yöntemdir. Bu teknikte proses üzerinde etkili olan parametreler bağımsız değişkenler, yanıtlar ise bağımlı değişkenler olarak gruplandırılmaktadır. Optimum bölgenin seçimi için birden fazla seçenek mevcuttur. Bunlar yanıtların izohips eğrilerinin çizilerek üst üste yerleştirilmesi (superimposing) veya desirability (istenilen hedefe ulaşma) fonksiyonu veya lineer olmayan programlama yaklaşımlarının kullanılmasıdır.

Çilek örneklerinin kurutulmasında yanıt yüzey optimizasyonu için yapılan analizlerden model üzerinde önemli çıkanlar belirlenmiştir. Kurutma süresinin kısaltılması hedeflendiği için, bu değer minimize edilmiştir. Yapılan analizlerden istatistiksel olarak önemli çıkan ve tahmin gücü yüksek olan analizler; askorbik asit değeri, çileklerde ölçülen rengin h° açısı ve antioksidan aktivite analizi (ABTS) olmuştur. Optimizasyon sonucunda çilek örneklerinin yüksek C vitamini ve antioksidan madde içermesi önemli kabul edildiği için, bu değerler maksimize edilmiştir. Taze çileğe mümkün olan en yakın kırmızı renkte çilek istenildiği için bu değer taze çilek değeri olan 27.5 h° açısı olarak hedef değer girilmiştir. Hue açısı renkte meydana gelen değişimi daha kolay tarif ettiği için taze çileklerde ölçülen kırmızı rengin h° değeri referans alınarak optimizasyonda bu değer kullanılmıştır. Bu şartlar altında kurutma sıcaklığı modelde 64.8 °C, CM süresi 4 saat, maserasyon basıncı 3.54 bar ve maserasyon sıcaklığı 4.2 °C olarak bulunmuştur. Hedeflenen değerlere ulaşmanın bir ölçüsü olan desirability (istenilebilirlik), elde edilen yanıt yüzey optimizasyonunda % 85.35 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.18’de verilen grafikte çilek örneklerinin yanıt-yüzey optimizasyonu gösterilmektedir. Yanıt yüzey optimizasyonu sonucuna göre modelin tahmin ettiği kurutma süresi 228 dakika, seçili şartlar altında gerçekleştirilecek olan kurutma sonucunda örneklerin askorbik asit miktarı 533 mg/100 g KM, antioksidan aktivite (ABTS) 10.55 mg T.E/g KM ve çileklerin h° açısı 27.50 olarak tahmin edilmiştir. Verilen değerlere ulaşılabilirlik fonksiyonu tek tek incelendiğinde, renk değeri % 99, c vitamini değeri % 74, antioksidan madde değeri % 87.5 ve kurutma süresi değerine % 83.5 oranda doğrulukla ulaşılacağı tahmin edilmiştir.



* MsSıcak: CM sıcaklığı, MsSaat: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı, MsBasnc: CM basıncı

Şekil 4.18. Çilek örneklerinin yanıt-yüzey optimizasyonu grafiği

Çizelge 4.22’de verilen denklem tablosunda sunulan modelden elde edilen regresyon denklemi kullanılarak sadece CM süresi ve fırın kurutma sıcaklığı verileri girilerek pratikte kurutma ve maserasyon yapılmadan çileklerin kaç dakikada kuruyacağını tahmini teorik olarak yüksek oranda doğrulukla yapılabilir.

Çizelge 4.22. Kurutma süresi regresyon denklemi

Sabit	4761
Ms.saate	-2.583
FırınSıcak	-138.1
FırınSıcak*FırınSıcak	+1.054

* MsSaate: CM süresi, FırınSıcak: Kurutma sıcaklığı.

Modelin tahmin ettiği teorik verilerinin gerçek verilerle örtüşüp örtüşmediğini anlamak ve geçerliliğini teyit etmek amacıyla Şekil 4.18’de verilen şartlar altında 2 farklı (maserasyonlu ve kontrol) 2 tekrarlı kurutma yapılmıştır. Yapılan bu doğrulama kurutmaları için modelin tahmin aralıkları Çizelge 4.23’de sunulan tablodan incelendiğinde h° açısı için 25 – 30 aralığında olması, askorbik asit miktarının 372 - 692 mg/100g kuru madde aralığında olması, antioksidan aktivitenin (ABTS) 9.70 - 11.52 mg T.E/g kuru madde aralığında olması ve kurutmanın 176 dakika ile 282 dakika aralığında tamamlanması gerekmektedir.

Çizelge 4.23. Çoklu yanıtların tahmin aralıkları

Yanıt	Fit	SE Fit	% 95 CI	% 95 PI
Hue açısı	27.52	1.02	(25.37; 29.67)	(24.99; 30.06)
mg A.A./100g KM	532.3	46.7	(435.5; 629.2)	(372.5; 692.1)
mg T.E./g KM	10.61	0.439	(9.70; 11.52)	(9.23; 11.99)
Kurutma süresi (dk)	228.9	11.1	(206.0; 251.9)	(176.31; 281.6)

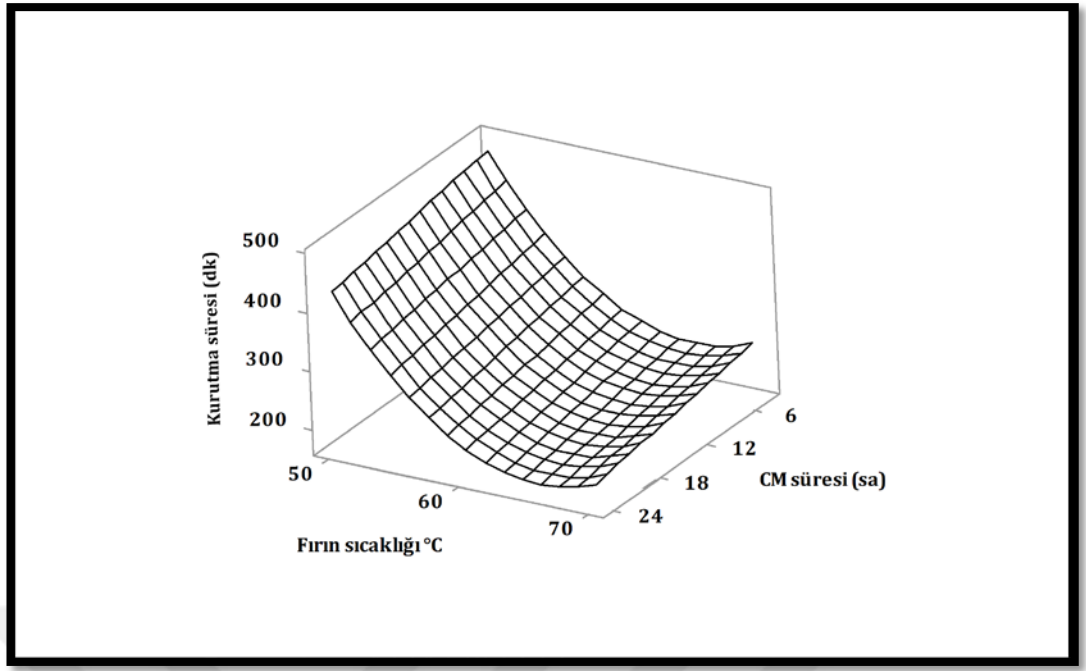
Doğrulama için yapılan kurutmalarda, kurutma süresi CM ön işlemi uygulanmış çileklerde ortalama 190 ± 5 dakika olarak kaydedilmiştir. Aynı şartlar altında (64.8°C kurutma sıcaklığında aynı miktarda fırına konulan örnek miktarı, aynı dış ortam hava sıcaklığı ve dış ortam nemi) yapılan kontrol kurutmasında ise kuruma süresi 280 ± 10 dakika olarak gözlemlenmiştir. Ürünlerin kuruduktan sonraki nem miktarları kontrol grubu için ortalama 8.90, optimum şartlar altında için 9.86 bulunmuş, a_w miktarları da sırasıyla 0.374 ve 0.378 olarak bulunmuştur. Kuru çilek ürün üretiminde süre avantajı % 31.5 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan analizlerin sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde teorik veriler ile deneysel veriler güven aralığı içerisinde kalmıştır. Optimizasyon

kurutmasının ve analizlerinin doğrulaması başarılı olmuştur. Doğrulama ve kontrol kurutma işlemleri iki tekrarlı şekilde yapılmıştır.

Yarı kuru çilek üretim prosesinde kurutma süresi, 4 saat CM ön işlemi uygulanmış çileklerde 185 dakika olarak gözlemlenmiştir. Aynı şartlar altında (kurutma sıcaklığı, fırına konulan toplam örnek miktarı, dış ortam hava sıcaklığı, dış ortam nem miktarı) yapılan kontrol kurutmasında ise kuruma süresi 200 dakika olarak gözlemlenmiştir. Çileklerin kuruduktan sonraki nem içerikleri (%) kontrol grubu için ortalama 22.73 ± 0.36 , optimum şartlar altında için 21.64 ± 0.33 bulunmuş, a_w değeri de sırasıyla 0.690 ± 0.02 ve 0.643 ± 0.02 olarak bulunmuştur. Yarı kuru çilek üretiminde süre avantajı % 7.5 olarak hesaplanmıştır.

Kurutma işleminde materyalde bulunan su, önce dış yüzeyden uzaklaşmaya başlar. Daha sonra yüzeydeki su azalınca ürünün iç kısmından yüzeye su taşınır ve yüzeyden buharlaşır. İlerleyen kurutma süresince iç kısımdan yüzeye su taşınımı ve yüzeyden buharlaşma için gereken mesafe artar ve bu işlem zaman almaya başlar. Bundan dolayı kurutma işlemi başlangıçta hızlı, sonra sabit hızda daha sonra ise azalan hızda gerçekleşir (Saldamlı, 2021). Denemelerde yarı kuru çileklerin ortalama nem değerinin % 26-30 aralığında değiştiği görülmektedir. Yarı kuru çilekler tam kurulara göre iç kısımlarında jel formuna yakın görüntü sergilemekte ve yumuşak yapıda kalmaktadır. Yarı kuru çilek üretiminde CM işleminin etkisi görülmekte, süre kısalmaktadır fakat tam kuru çileklerdeki kadar avantajlı görünmemektedir. Bunun sebebi ürünlerin kurutulması sırasında asıl zaman alan aşamanın azalan kuruma eğrisi aşaması olması, yarı kuru ürünlerde daha yüksek nem seviyelerinde kurutma tamamlandığı için, bu aşamanın kısa olmasıdır.

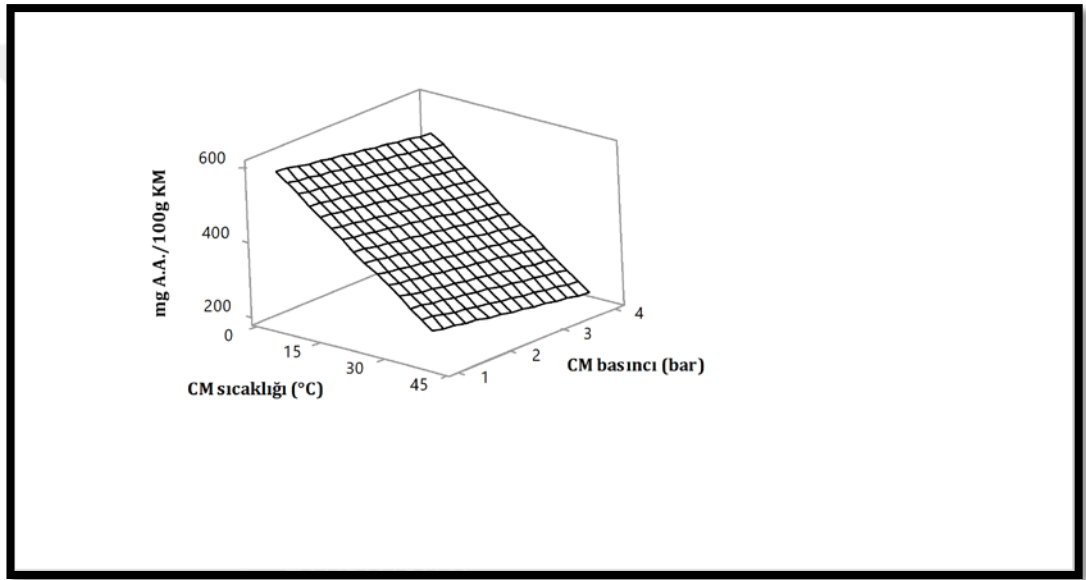


Şekil 4.19. Kurutma süresi üzerinde kurutma sıcaklığı ve CM süresinin etkisi

Optimizasyonda önemli çıkan ve modelde yer alan kurutma süresi yanıt yüzey grafiği Şekil 4.19’da verilmiştir. Grafik okunduğunda, kurutma sıcaklığının artması ile 65 °C seviyesine kadar kurutma süresi hızla azalmaktadır. Bu noktadan sonra artan kurutma sıcaklığı değeri ile kurutma süresi artan bir eğilim göstermektedir. Bu durumun sebebi olarak yüksek sıcaklıklarda ürünlerde yüzeyde oluşan kabuk tabakasının nemin uzaklaşmasına engel olması ve nemin uzaklaşması için karbonik maserasyonun üründe oluşturduğu gözeneklerin kapanması olabileceği düşünülmektedir (Cemeroğlu, 2013).

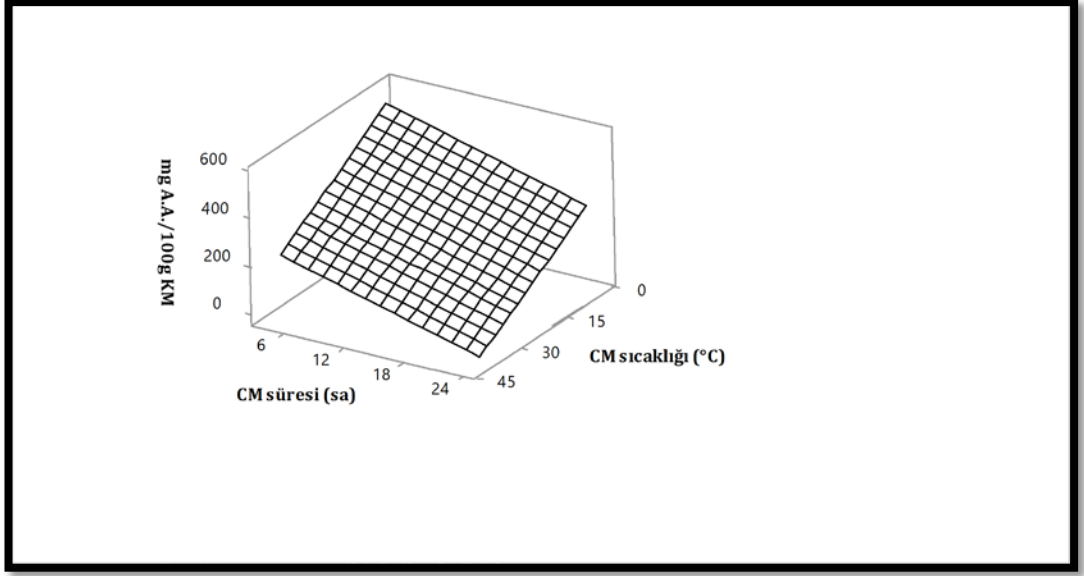
Kurutma sıcaklığının optimum değeri olan 64.8 °C kurutma süresinin en kısa olduğu değer olarak tespit edilmiştir. CM ön işlem uygulaması ile kurutma süresi azalmaktadır ve yapılan denemelerle 4 saat CM ön işlem uygulaması hem kuruma süresinde avantaj sağlamış hem de çileklerin besin değerlerinin daha iyi korunmasına katkı sağlamıştır. Ancak CM ön işlem uygulama süresinin artması enerji tüketimi artırmakta ve birim saatte üretilen kuru ürün miktarını azaltmaktadır ve buna karşın kuruma süresi üzerinde de önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Bu sebeple yapılan çalışmada optimum noktada 4 saat CM ön işlem uygulamasının yapılması uygun bulunmuştur.

Şekil 4.20’de verilen grafik incelendiğinde, askorbik asit miktarı CM sıcaklığının artması ile ters orantılı olarak azalmaktadır. CM basıncının artmasıyla askorbik asit miktarı bir miktar azalmaktadır. Fakat etki oranı olarak maserasyon sıcaklığı kadar önemli değildir. Askorbik asit miktarının azalması üzerinde sıcaklığın etkisinin uygulanan basınçtan daha etkili olduğu görülmektedir. Askorbik asit ısıya hassas bir vitamindir. Ancak literatürde yüksek basınca karşı dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Sezer ve İnanç, 2013). Bundan dolayı optimizasyonda CM sıcaklığının düşük (4.2 °C) fakat CM basıncı daha yüksek (3.54bar) seviyede olduğu görülmektedir.



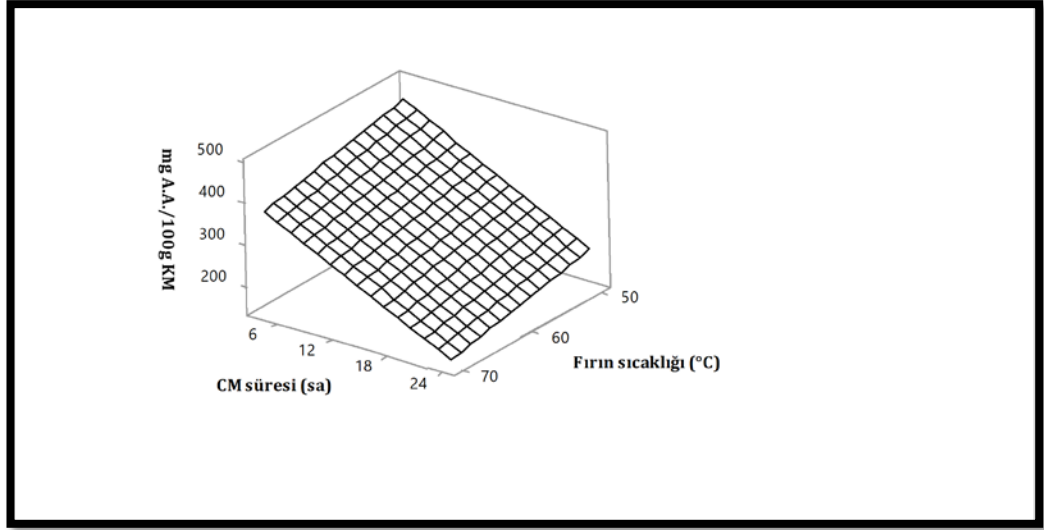
Şekil 4.20. Askorbik asit miktarı üzerinde CM sıcaklığı ve basıncının etkisi

Şekil 4.21’de verilen grafik incelendiğinde CM süresinin askorbik asit miktarı üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Artan maserasyon süresiyle askorbik asit miktarı sürekli azalmaktadır. Benzer şekilde CM sıcaklığının artması ile askorbik asit miktarında azalma meydana gelmektedir. Literatürde askorbik asitin sıcaklık ve süreden olumsuz etkilendiği bildirilmektedir (Gamboa-Santos vd., 2014). Çalışmada optimum maserasyon süresi 4 saat, maserasyon sıcaklığı 4.2°C olarak bulunmuştur. Grafik incelendiğinde en yüksek askorbik asit değerine optimum noktada ulaşıldığı görülmektedir.



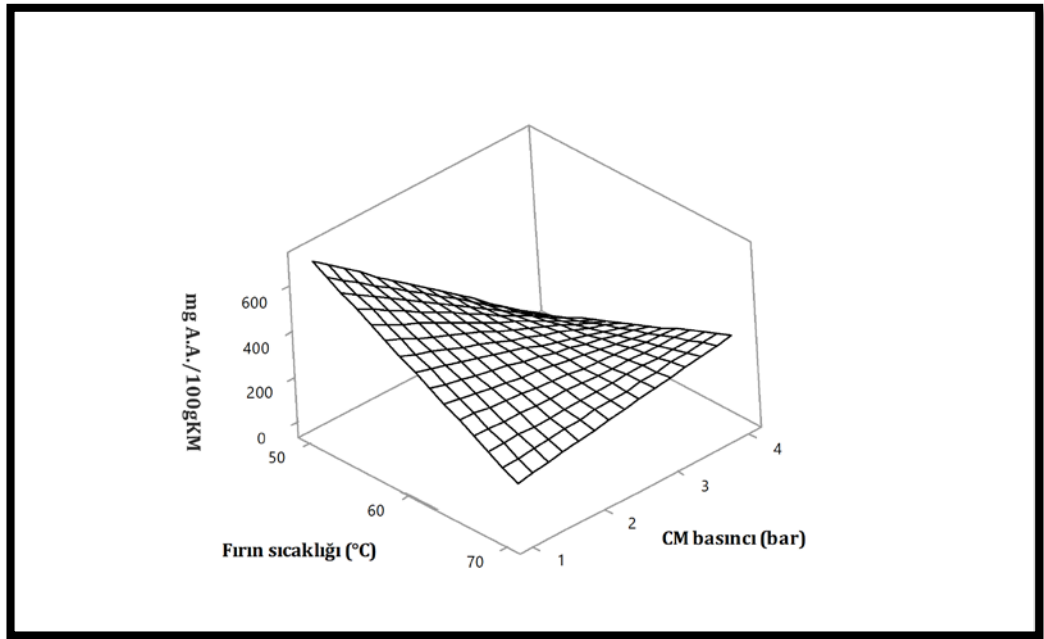
Şekil 4.21. Askorbik asit miktarı üzerinde CM süresi ve sıcaklığının etkisi

Kurutma sıcaklığı ve maserasyon süresinin askorbik asit üzerine etkisi Şekil 4.22. üzerinde incelendiğinde sıcaklıktaki artışıyla ters orantılı olarak askorbik asit miktarı azalmaktadır. Bu durum literatürde farklı sıcaklıklarda farklı sürelerde çileklerin kurutulması üzerine yapılan bir çalışmaya benzer niteliktedir (Gamboa-Santos vd., 2014). Optimum şartlar altında değeri olan 64.8 °C'de ve 4 saat maserasyon süresinde askorbik asit miktarı yüksek seviyede kalmaktadır. CM uygulamasında geçen sürenin askorbik asit miktarı üzerindeki olumsuz etkisi, kurutma sıcaklığının olumsuz etkisinden daha fazladır. Kurutma süresinin kısılması ve diğer kalite parametrelerinin iyi olması sebebiyle 64.8 °C'deki askorbik asit miktarındaki azalma kabul edilebilir seviyede kalmaktadır.



Şekil 4.22. Askorbik asit miktarı üzerinde CM süresi ve kurutma sıcaklığının etkisi

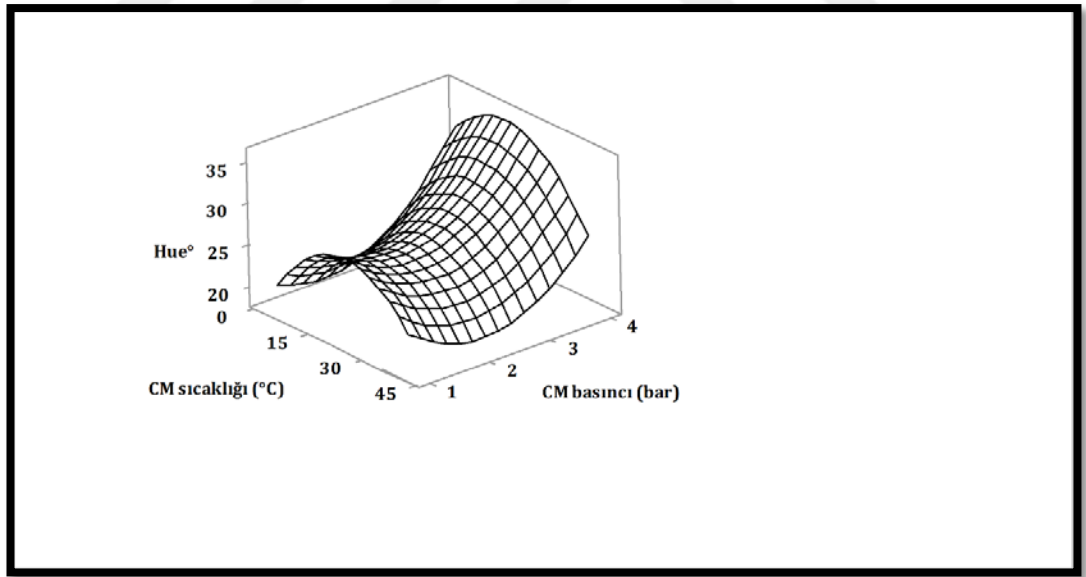
Askorbik asit miktarı üzerine CM basıncı ve kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 4.23. üzerinden incelendiğinde, CM basıncının artmasıyla askorbik asit miktarında önemli bir değişim gözlenmemektedir. Askorbik asit üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde sıcaklıktaki artışla ters orantılı olarak askorbik asit miktarı azalmaktadır. Artan sıcaklık değerleriyle askorbik asit miktarının azaldığını gösteren çalışmalar literatürde mevcuttur (Diamante vd., 2010).



Şekil 4.23. Askorbik asit miktarı üzerinde kurutma sıcaklığı ve CM basıncının etkisi

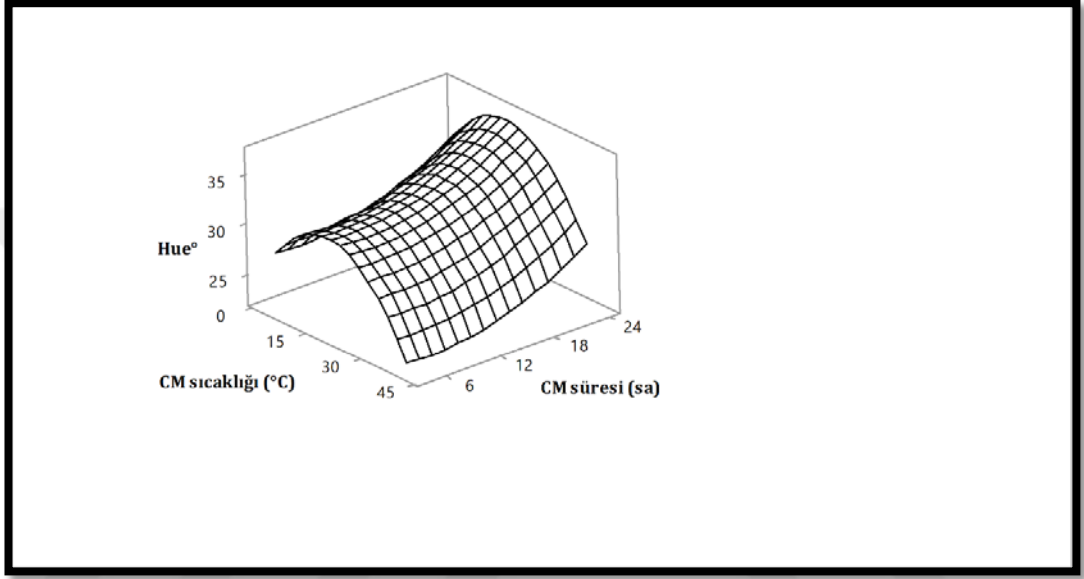
Hue açısı çilek kurutma üzerinde ve kivi, muz gibi meyvelerde yapılan birçok kurutma çalışmasında önemli bulunmuş ve literatürde bu renk değerinin üzerinde diğer renk parametrelerinden daha fazla durulmuştur (Conti vd., 2014; Crecente-Campo vd., 2012; Diamante vd., 2010; Nunes ve Delgado, 2014; Ornelas-Paz vd., 2013; Wojdyło vd., 2009).

Optimizasyonda hue açısı taze çileğin değeri hedef alınarak 27.5 seçilmiş ve kurutulan örneklerde bu değere yakın çilekler dikkate alınmıştır. Şekil 4.24'te verilen grafik incelendiğinde maserasyon sıcaklığı ve basıncı arttıkça h° değeri önce artmakta daha sonra tekrar azalışa geçmektedir. En yüksek hue açısı değerine 20-24 °C maserasyon sıcaklığında ve 4 bar basınçta ulaşılmaktadır. Hue açısı 20° den 35° dereceye doğru arttıkça renk parlak kırmızıdan koyu kırmızıya değişmektedir. Optimizasyonda belirlenen 4.2 °C ve 3.54 bar basınç koşullarında kurutulan çilekler h° açısı değeri bakımından taze çileğe uygun aralıkta kalmaktadır.



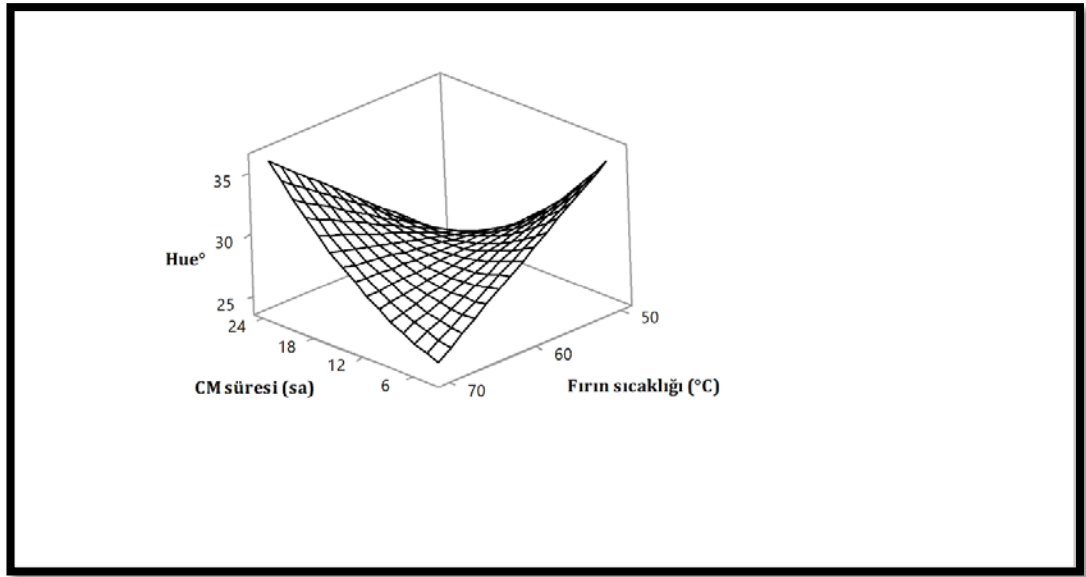
Şekil 4.24. Hue açısı üzerinde CM sıcaklığı ve basıncının etkisi

CM sıcaklığının artmasıyla hue açısı değeri önce artıp sonra azalmakta, CM süresinin artmasıyla ise hue açısı sürekli olarak artmaktadır. Şekil 4.25’de sunulan grafikten anlaşıldığı üzere CM süresinin 4 saat, sıcaklığının 4.2 °C olduğu değerlerde seçildiği takdirde hue açısı değeri taze çileğe en yakın değerlerde olmaktadır. CM süresinin hue açısı üzerindeki etkisi CM sıcaklığının etkisinden daha düşüktür.



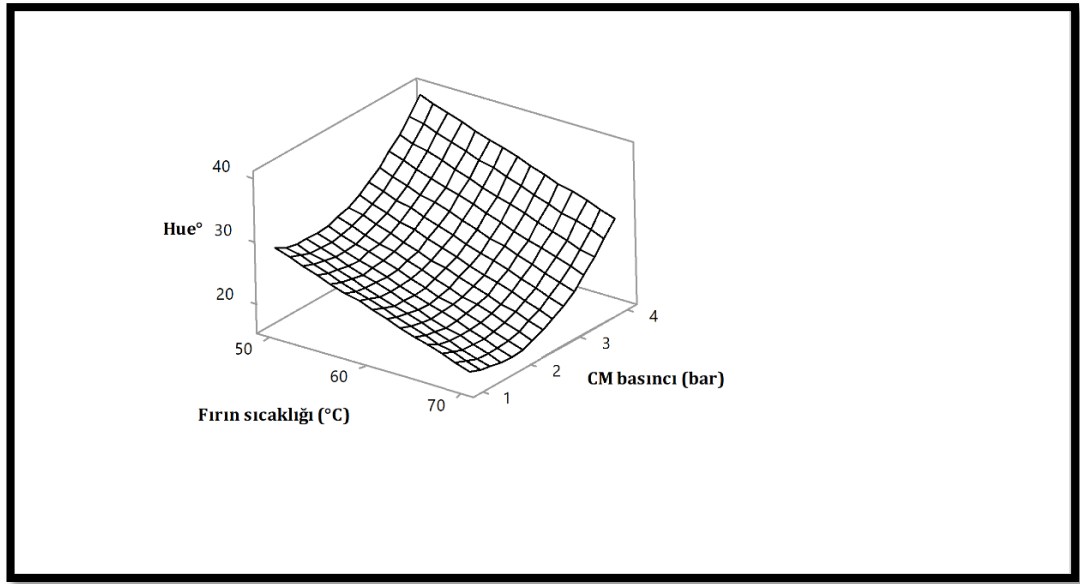
Şekil 4.25. Hue açısı üzerinde CM sıcaklığı ve süresinin etkisi

Şekil 4.26’da kurutma sıcaklığının düşük olduğu değerlerde ve CM uygulanan sürenin uzun tutulması ile hue açısı değerinin olumsuz yönde etkilendiği ve rengin kırmızıdan uzaklaştığı görülmektedir. Kurutma sıcaklığının 70 °C ve maserasyon süresinin 4 saat olduğu nokta, hue açısının en düşük değere sahip olduğu noktadır. Kurutma sıcaklığı optimum noktada 64.8 °C tespit edilmiş ve bu değerde optimizasyona dahil edilen bütün değerler mümkün olan en yüksek seviyede bulunmuştur ve hue açısı da hedef değer olan 27.5 değerine bu sıcaklık değerinde ulaşmaktadır.



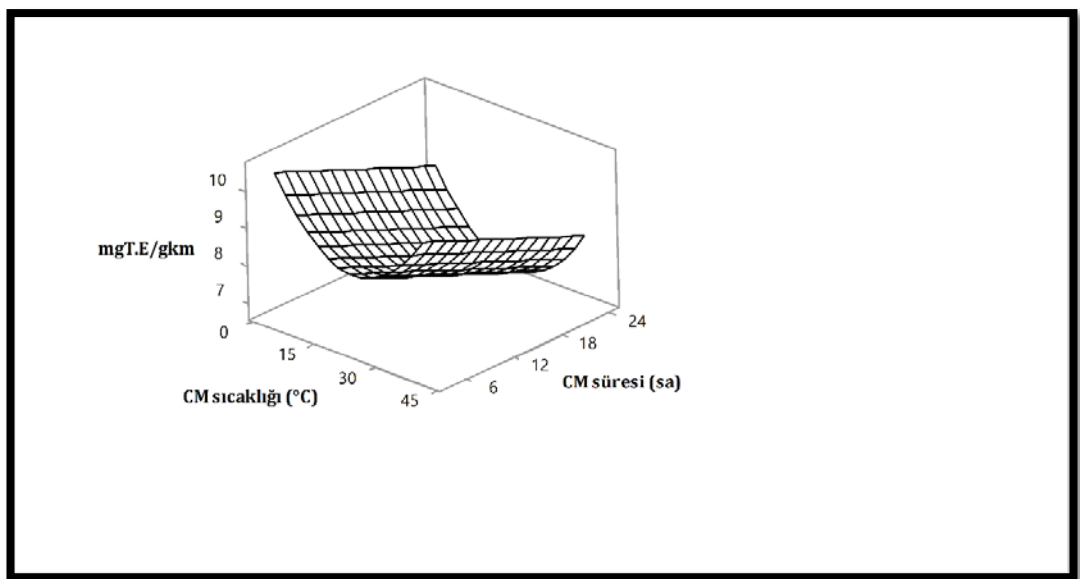
Şekil 4.26. Hue açısı üzerinde CM süresi ve kurutma sıcaklığının etkisi

CM basıncı hue açısı değeri üzerinde olumsuz etkiye sahip olmakla birlikte etkinin oranı düşüktür. Şekil 4.27. incelendiğinde optimum maserasyon basıncı olan 3.54 bar basınçtan daha yüksek basınçlara çıkıldıkça, hue açısı artmakta ve renk kahverengi tonlarına kaymaktadır. Kurutma sıcaklığı hue açısı üzerinde değerlendirildiğinde 50 °C den 70 °C'ye doğru kurutma sıcaklığında meydana gelen artış hue açısı değerini olumlu etkilemekte ve renk daha parlak kırmızı değerlerde kalmaktadır. Diğer optimizasyon grafiklerine benzer şekilde bu grafikte de hue açısının hedef değerine optimum noktada bulunan değerler ile ulaşılmaktadır.



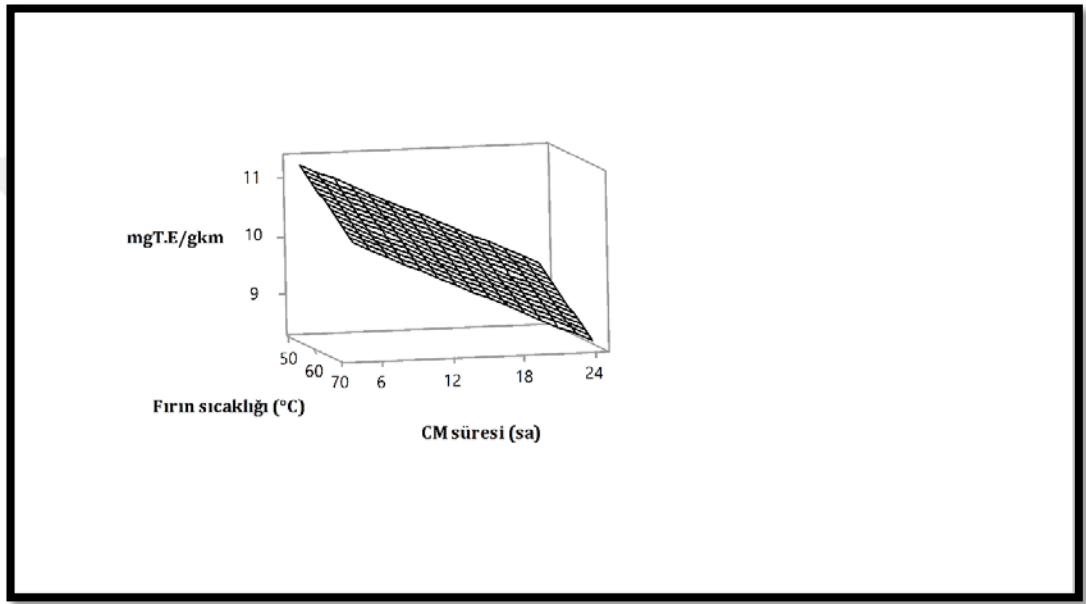
Şekil 4.27. Hue açısı üzerinde kurutma sıcaklığı ve CM basıncının etkisi

Şekil 4.28’de antioksidan aktivite (ABTS) değerinin CM süresi ve sıcaklığına göre yanıt yüzey değişimi sunulmuştur. Grafik incelendiğinde CM süresi arttıkça antioksidan aktivitenin giderek azaldığı gözlenmektedir. Maserasyon süresinin 4-6 saat olduğu aralıkta antioksidan aktivite en yüksek değerini vermektedir. Maserasyon sıcaklığı arttıkça ve azaldıkça iki uç noktada da antioksidan aktivite yükselmekte, bu değerlerin arasındaki sıcaklıklarda düşmektedir. En yüksek antioksidan aktiviteye 4-6 °C aralığında ulaşılmaktadır.



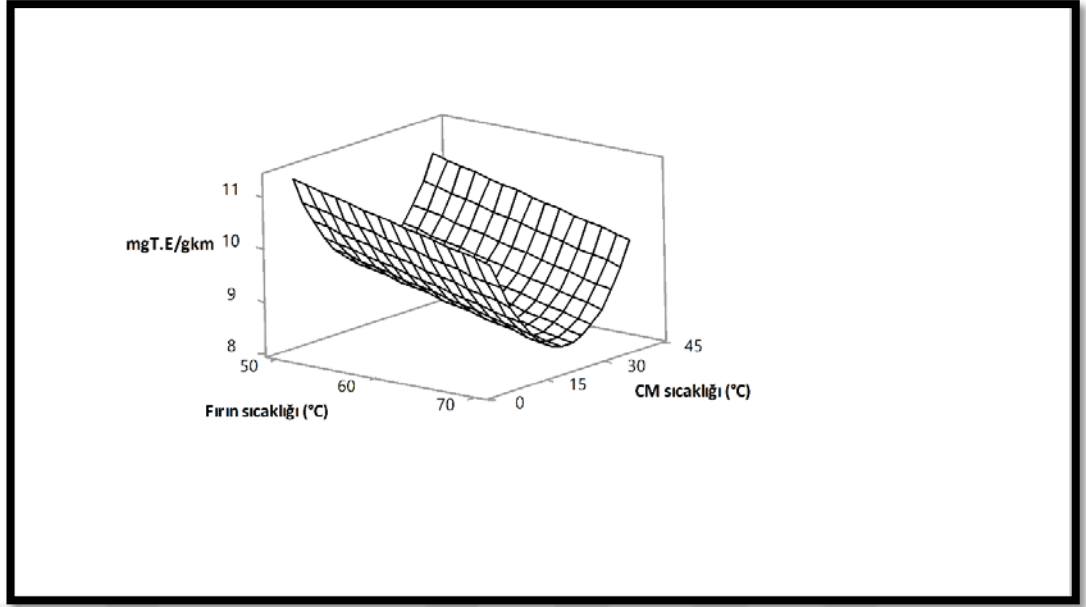
Şekil 4.28. Antioksidan aktivite üzerinde CM süresi ve sıcaklığının etkisi

Şekil 4.29'da antioksidan aktivite (ABTS) değerinin CM süresi ve kurutma sıcaklığına göre yanıt yüzey değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde CM süresi ve kurutma sıcaklığı arttıkça antioksidan aktivitenin giderek azaldığı gözlenmektedir. CM süresinin 4-6 saat olduğu aralıkta, kurutma sıcaklığının ise mümkün olan en düşük değerinde antioksidan aktivite en yüksek değerini vermektedir. Kurutma sıcaklığındaki artışın etkisi, CM süresindeki artışın etkisine kıyasla antioksidan madde üzerinde daha az etkilidir.



Şekil 4.29. Antioksidan aktivite üzerinde CM süresi ve kurutma sıcaklığının etkisi

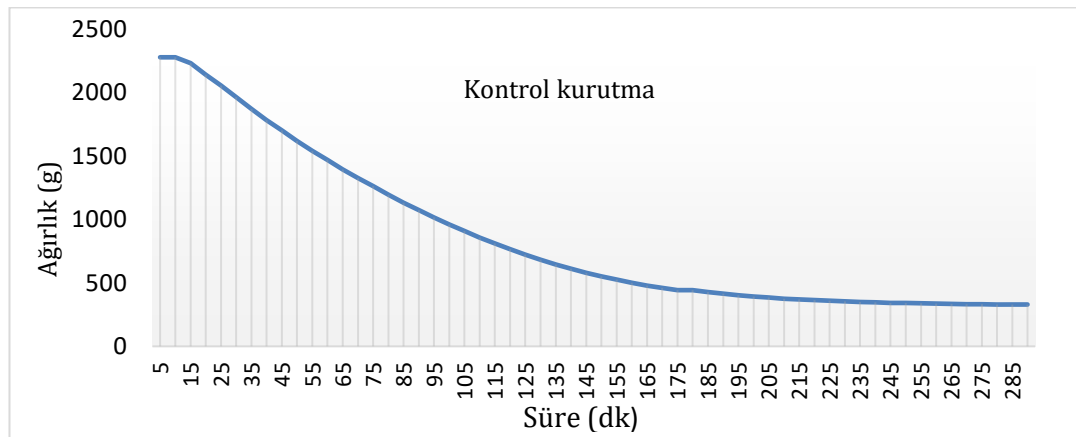
Şekil 4.30'da antioksidan aktivite (ABTS) değerinin maserasyon ve kurutma sıcaklığına göre yanıt yüzey değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde CM sıcaklığının artmasıyla antioksidan aktivite önce azalıp sonra tekrar artmaktadır ancak en yüksek değere 4-6 °C maserasyon sıcaklıklarında ulaştığı gözlenmektedir. Kurutma sıcaklığının artması ile antioksidan aktivitenin düzenli olarak azaldığı gözlenmektedir. CM süresinin 4-6 °C ve kurutma sıcaklığının mümkün olan en düşük değerinde antioksidan aktivite en yüksek değerini vermektedir. Kurutma sıcaklığındaki artış CM sıcaklığındaki artışa göre antioksidan aktivite üzerinde daha az etkiye sahiptir.



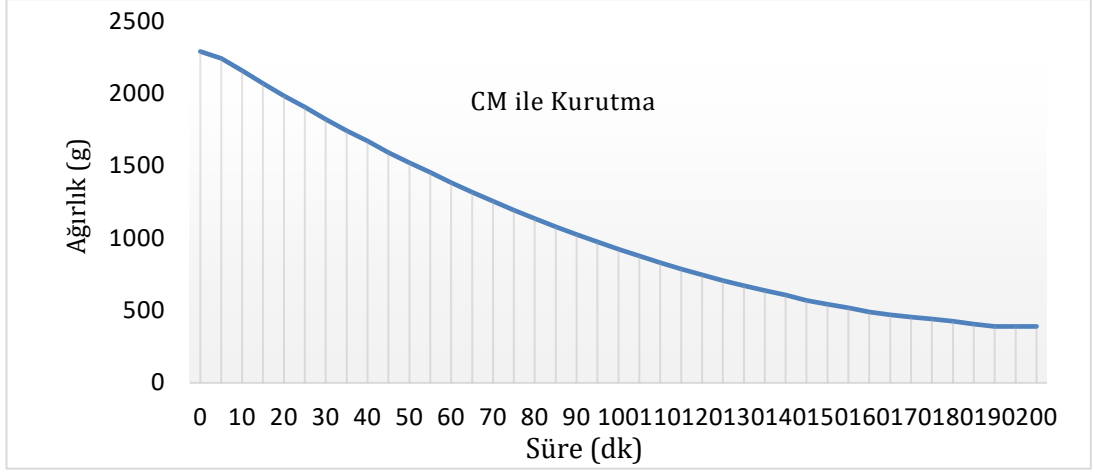
Şekil 4.30. Antioksidan aktivite üzerinde CM sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının etkisi

4.4. Optimum ve Kontrol Örneklerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Tam kuru ve yarı kuru ürünlerin yanıt yüzey metodu ile oluşturulan model üzerinde önemli tespit edilen analizlerinin sonuçları Çizelge 4.24 ve 4.25'te sunulmuştur. Zamana karşı ağırlık değişim verileri kullanılarak kuruma eğrisi grafikleri oluşturulmuş, optimum ve kontrol kurutmaları grafik olarak Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de incelenmiştir.



Şekil 4.31. Kontrol kurutma kuruma eğrisi (64.8 °C)



Şekil 4.32. Optimum şartlarda CM uygulanan kurutma eğrisi (64.8 °C)

Başlangıç tartım ağırlığı aynı olan çileklerin kurutma aşamaları incelendiğinde kontrol kurutma toplam 285 dk sürmüştür, optimum değerlerde CM işlemi uygulandıktan sonra yapılan kurutma 195 dk sürmüştür. Toplam kurutma süresinin kısalmasının yanı sıra, kontrol kurutma 180. dakikadan sonra azalan kuruma bölgesine girmiş ve kurutma hızı oldukça yavaşlamıştır. CM işleminin farkı optimum kuruma eğrisine bakıldığında anlaşılmaktadır. Toplam 195 dk süren kurutmada kuruma hızı 170. dk ya kadar azalan kuruma bölgesine girmemiştir. Kuruma hızları tam ve yarı kuru ürünlerde karşılaştırıldığında optimum örneklerin kuruma hızı kontrol kurutmaların hızından daha fazladır. Bu bağlamda CM işleminin yapıda değişiklikler meydana getirdiği ve üründen nem tahliyesini hızlandıran gözeneklerin oluştuğu düşünülmektedir. Kontrol örnekleri ile optimum örneklerin esmerleşme indeksi değerleri karşılaştırıldığında, CM işlemi uygulanan örneklerin önemli derecede daha düşük esmerleşme indeksine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Esmerleşme indeksinin daha yüksek bulunması literatürde ısı işlem esnasında daha yoğun esmerleşme reaksiyonu meydana gelmesi ile açıklanmıştır (Cernîşev, 2010, Abano vd., 2011). CM işlemi uygulaması sonucunda azalan kuruma süresi, artan L^* değeri ve CM sırasında oluşan karbonik asitten kaynaklanan asitlik neticesinde glukoz molekülünün bazı asit türevi bileşiklere indirgenmesi sonucunda optimum örneklerin esmerleşme indeksinin daha düşük bulunması açıklanabilir (Liu vd., 2014; Turgut vd., 2018).

Çizelge 4.24. Optimum ve kontrol ürünlerine ait bazı değerler

Kurutma	KS	KH	pH	% Nem	a _w
Taze örnek	-	-	3.88±0.13 ^a	90.07±1.05 ^a	0.980±0.01 ^a
KontrolTK	285±10 ^{a,X}	0.0313±0.01 ^{a,X}	3.85±0.02 ^{b,X}	8.90±0.25 ^{b,X}	0.374±0.04 ^{b,X}
OptimumTK	195±5 ^{b,Y}	0.0456±0.01 ^{b,Y}	3.85±0.01 ^{b,X}	9.86±0.30 ^{b,Y}	0.378±0.03 ^{b,X}
KontrolYK	200±5 ^{b,X}	0.0353±0.01 ^{c,X}	3.85±0.09 ^{b,X}	22.73±0.36 ^{c,X}	0.690±0.02 ^{c,X}
OptimumYK	185±5 ^{b,Y}	0.0381±0.01 ^{d,Y}	3.67±0.11 ^{c,Y}	21.64±0.33 ^{c,Y}	0.643±0.02 ^{d,Y}

KS: kurutma süresi (dk), KH: kuruma hızı g su/g KM dk.

*Aynı sütündeki a,b,c,d değişimi bütün örnekler arası istatistiksel farkı, X,Y değişimi optimum ve kontrol örnekleri arasındaki farklı göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 4.25. Optimum ve kontrol ürünlerinin optimizasyon analizlerinin sonuçları

Kurutma	Hue açısı	C*	BI	A.A.M.	TEAC
Taze örnek	27.61±1.82 ^a	26.96±6.38 ^a	64.27±6.17 ^a	673.3±32.8 ^a	22.41±1.19 ^a
KontrolTK	27.57±4.39 ^{a,X}	29.59±7.51 ^{a,X}	110.1±13.15 ^{b,X}	481.96±6.71 ^{b,X}	9.75±0.35 ^{b,X}
Optim.TK	27.61±2.41 ^{a,X}	29.39±6.75 ^{a,X}	95.86±14.48 ^{b,X}	521.70±4.24 ^{b,Y}	11.9±0.38 ^{c,Y}
KontrolYK	25.38±2.80 ^{a,X}	32.40±6.64 ^{a,X}	109.71±7.78 ^{b,X}	481.59±6.31 ^{b,X}	9.07±0.43 ^{b,X}
Optim.YK	24.15±3.87 ^{a,Y}	31.93±6.20 ^{a,X}	95.65±7.02 ^{b,X}	482.21±6.44 ^{b,X}	12.89±0.36 ^{c,Y}

C*: kroma, BI: esmerleşme indeksi, A.A.M: askorbik asit miktarı mgA.A./100g KM, TEAC: antioksidan aktivite mg T.E./gKM.

*Aynı sütündeki a,b,c,d değişimi bütün örnekler arası istatistiksel farkı, X,Y değişimi optimum ve kontrol örnekleri arasındaki farklı göstermektedir (p≤0.05).

Aynı nem ve su aktivitesi değerlerine kadar kurutulan örneklerde CM ön işlemi uygulaması askorbik asit ve antioksidan madde miktarının kontrol örneklerinden daha iyi korunmasını sağlamıştır. Kurutma tamamlandığında pH, hue açısı ve chroma renk parametreleri birbirlerine yakın değerlerde bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde, literatürde karbonik maserasyonun sağladığı düşük pH ortamı, polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz enzimlerinin (POD) inaktivasyonunun, toplam fenolik maddeyi ve antioksidan aktiviteyi koruduğu, CM işlemi ile son üründe pH değişimi gözlenmediği, CM uygulaması ile kuruma süresinin % 42.27 oranında kısaldığı bildirilmiştir (An vd., 2020). Tao, 2013 yılında, kırmızı üzümün sıcak hava ve IR ile kurutulması üzerine yaptığı çalışmada kurutma süresinin CM işlemi ile % 65.15-71.95 oranında kısaldığını belirtmiştir. Liu vd., 2014 yılında, kapa biberlere CM işlemi uygulayarak, mikrodalga ile kurutulmasını araştırmıştır. CM işleminin kurutma hızını 1.5-1.85 kat artırdığını ayrıca, antioksidan aktivite ve fenolik madde miktarının CM uygulanmayan örneklerden daha yüksek olduğunu vurgulamıştır.

Wang vd., 2014 yılında kırmızı üzümlerin IR ile kurutulması üzerine yaptığı çalışmada kurutma süresinin CM işlemi ile % 31 kısaldığını, antioksidan aktivite ve fenolik madde miktarının CM işlemi ile daha iyi korunduğunu tespit etmiştir. Zhao vd., 2016 yılında yaptıkları çalışmada, CM ön işlemi uygulanan ardından sıcak hava ve mikrodalga ile kurutulan tatlı patateslerin kuruma süresinin kısaldığını, efektif difüzivite değerinin arttığını, antioksidan aktivite, askorbik asit içeriği, toplam fenolik madde, β -karoten ve flavonoid miktarlarının daha iyi korunduğu bildirilmektedir. An vd., (2018) çin eriğinin ozmotik ve vakum kurutma ile kurutulması üzerine yaptıkları çalışmada CM ön işlemi ile kurutma süresinin % 39 kısaldığını, toplam antosiyanin miktarının % 14.91-29.63 arasında, fenolik madde miktarının % 3.95-16.93 oranında, flavonoidlerin % 11.10-23.10 oranında ve antioksidan aktivitenin % 2.10 ile 56.71 arasında CM uygulanmayan örneklerden daha fazla olduğunu belirtmiştir. Turgut vd., (2018) tarafından domates dilimlerinin sıcak hava ile kurutulmasından önce uygulanan CM işlemi ile flavonoid (2.5 kat), likopen, β -karoten, β - γ -tokoferol miktarının daha iyi korunduğu ve kurutma süresinin % 30 kısaldığı bildirilmiştir.

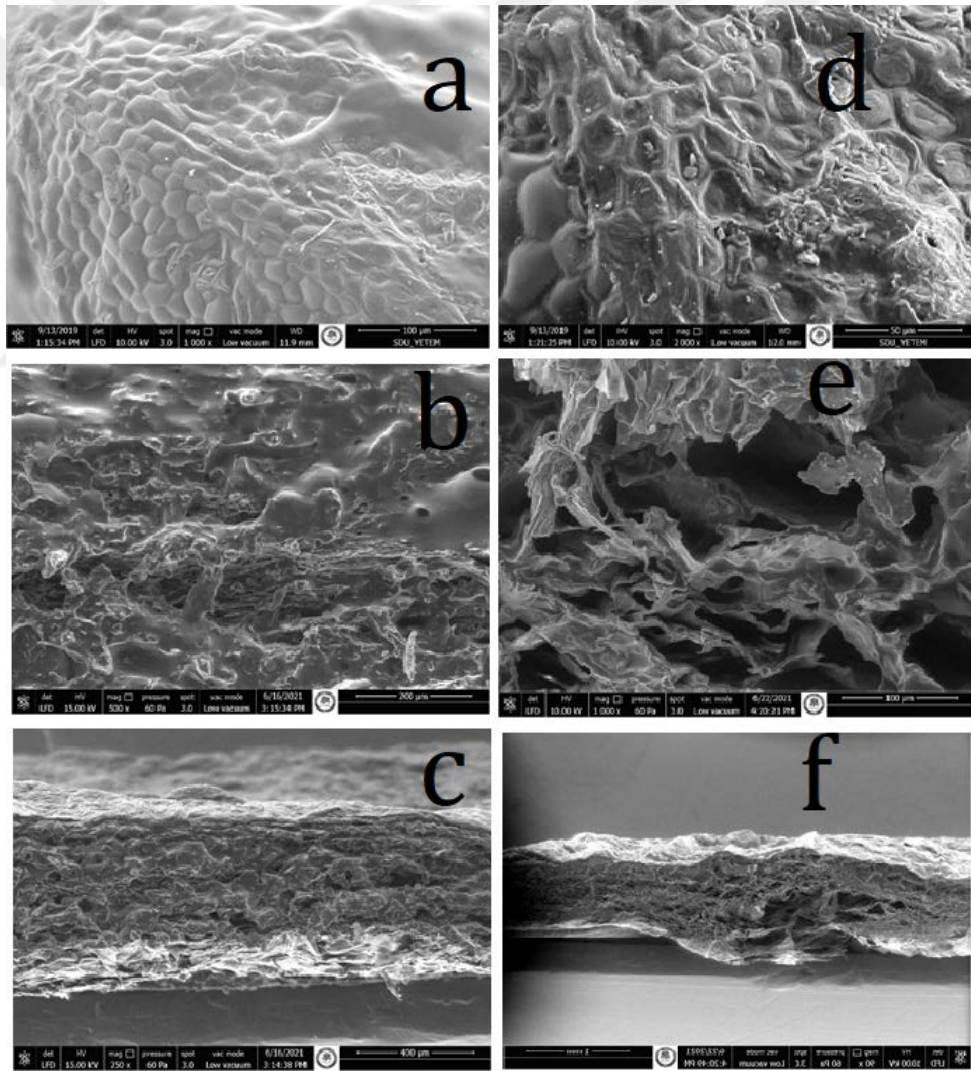
4.4.1. SEM analizi sonuçları

SEM analizi YETEM'den (Yenilikçi Teknolojiler Merkezi, SDÜ) hizmet alımıyla gerçekleştirilmiştir. CM ön işlemi uygulanarak kurutulan çilekler SEM ile incelenmiştir. CM ön işlemi uygulanan ve uygulanmadan kurutulan çilek örneklerinin farklı kesitlerden alınan görüntüleri Şekil 4.33'de verilmiştir.

Görüntüler incelendiğinde CM ön işlemi uygulanmamış (kontrol) örneklerinde hücre duvarları sıkı, sert ve daha az gözenekli bir yapıda kalırken CM ön işlemi uygulanan örneklerde yapıda çökmeler ve boşluk oluşumları görülmektedir. Çileklerin kurutulması sırasında yapıda meydana gelen bu değişimler ile, çileklerden suyun uzaklaştırılmasının kolaylaştığı böylece kurutma süresinin kısaldığı düşünülmektedir.

Şekil 4.33'te sunulan fotoğraflardan CM ön işleminden sonra kurutulmuş çileklerin özellikle hücre duvarının yapıları ve sınırları, turgor kaybı ve orta

lamelde bozulma anlaşılmaktadır. Çalışmadaki bulgular ile benzer şekilde Wei vd., (2019), CM'nin basıncı, sıcaklığı ve süresinin, zencefilin mikro yapısı ve kuruma hızı üzerinde önemli etkileri olduğunu bildirmiştir. CM basıncının, kurutma sıcaklığının ve CM süresinin artmasıyla, gözenek yapılarının arttığını ve genişlediğini, bu değişimlerinde iç nem difüzyonu ve nemin buharlaşması için faydalı olduğunu vurgulanmıştır. Ancak basınç ve sıcaklık çok yüksek ve ön işlem süresi çok uzunsa, CM ön işleminin iç yapıya ciddi şekilde zarar verebileceğini ve nemin difüzyon hızını azaltabileceğini belirtmiştir. Bu bulgular aynı zamanda Liu vd., (2012) 'nın üzüm üzerine yayınladıkları makale ile de benzerlik göstermektedir.



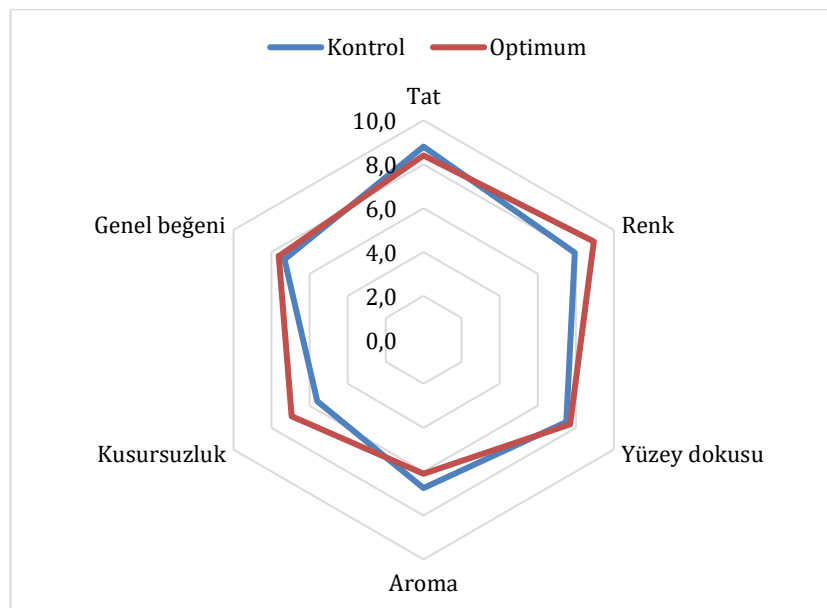
*(a: kontrol dış kesit, b: kontrol iç kesit, c: kontrol yan kesit, d: optimum dış kesit, e: optimum iç kesit, f: optimum yan kesit.)

Şekil 4.33. Kontrol ve optimum örneklerin SEM görüntüsü

Elde edilen görüntülere benzer şekilde Alonzo-Macías vd., 2014 tarafından yapılan bir çalışmada basınç uygulaması ile dondurarak ve sıcak hava ile kurutulan çilek dilimlerinde SEM görüntüleri alınmış yapıdaki değişiklikler incelenmiştir. Uygulanan basınç ile hücre duvarının kırıldığı, yapının daha kırılğan ve boşluklu hale geldiği bildirilmiştir (Alonzo-Macías vd., 2014). Piotrowski vd., 2021 tarafından yapılan başka bir çalışmada ise çilekler dondurarak, vakum altında ve sıcak hava ile kurutulmuş, ürünler duyusal, tekstürel ve yapısal olarak incelenmiştir. Çileklerin kurutulması sırasında yapıda meydana gelen değişikliklerde uygulanan basınç seviyesinin ve kurutma sıcaklığının önemli olduğunu, basınç ve sıcaklığın artmasıyla yapıda meydana gelen kırılma ve deformasyonların arttığını vurgulanmıştır (Piotrowski vd., 2021).

4.4.2. Duyusal analiz sonuçları

Yapılan çalışmada optimum değerlerde CM işlemi uygulanan ve CM işlemi olmadan 64.8 °C sıcaklıkta (kontrol) kurutulan organik çilek örnekleri 12 farklı panelist tarafından duyusal olarak hedonik skala yöntemi ile uygun parametrelerde değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirmelerin sonucu Şekil 4.34’de grafik olarak özetlenmiştir.



Şekil 4.34. Kontrol ve optimum örneklerin duyusal değerlendirmesi

Duyusal değerlendirme sonucunda yüzey dokusu (sertlik-yumuşaklık ve kıvam değerleri) optimum ve kontrol örneklerinde birbirine yakın bulunmuştur. Her iki örneğin genel beğeni durumu neredeyse aynıdır. Panelistler kontrol örneğini tat ve aroma bakımından optimum örnekten daha başarılı bulmuş, kusursuzluk ve renk açısından ise optimum örnek daha başarılı bulunmuştur. Kusursuzluk olarak tanımlanan değer ürünlerin üniform olması, genelinde aynı renk, tat, koku ve sertlik gibi değerlere sahip olmasını ifade etmektedir.

Renk ilek meyvesinin içerdiği antosiyaninlerle bağlantılı olup çileklerde en önemli görünüm özelliğidir. Meyvenin sahip olduğu renk, tüketicinin beğenisini, lezzet ve tat algısını doğrudan etkilemekte hatta insanlarda farklı duygular oluşturabilmektedir (Ornelas-Paz vd., 2013). Genel beğeni diğer parametrelerin aritmetik puan ortalamasını göstermektedir. İstatistiksel analiz sonucunda; aroma ve renk parametrelerinde önemli ölçüde farklılık görülmüştür ($p \leq 0.05$). Optimum ve kontrol örnekleri arasında genel beğeni, tat ve yüzey dokusu farkı istatistiksel olarak önemsizdir. Duyusal olarak CM n işleminin olumlu veya olumsuz büyük bir etkisi tespit edilmemiş olup, sağladığı diğer avantajlar göz önünde bulundurulduğunda optimum dęerlerde CM n işlemi ile yapılan kurutma kontrol kurutmasından daha avantajlıdır. Çalışmada bulunan sonuçlara benzer şekilde Nunes ve Delgado, 2014 tarafında Güney Florida niversitesinde yapılan bir çalışmada genel olarak, üç farklı perakende mağazasından satın alınan organik çileklerin konvansiyonel olarak yetiştirilen çileklerle ile duyusal olarak kıyaslandığında organik çileklerin duyusal kalitesinin ve dokusunun, geleneksel olarak yetiştirilen çileklerden önemli ölçüde farklı olmadığını belirtilmiştir (Nunes ve Delgado, 2014).

4.5. Depolanan rnekler

Karbonik maserasyon ön işlemi sonrası ve ön işlem uygulaması olmaksızın (kontrol) % 10 nem seviyesine ($0.4-0.5 a_w$) kurutulmuş ve % 26 nem seviyesinde ($0.60-0.70 a_w$) yarı kurutulmuş ilek örnekleri vakum paketlemeye uygun gaz ve nem geçirgenliği düşük çoklu katmanlı poliamid/polietilen ambalaj içerisinde; atmosferik koşullarda, vakum altında ve azot gazı basılarak 3 farklı şekilde

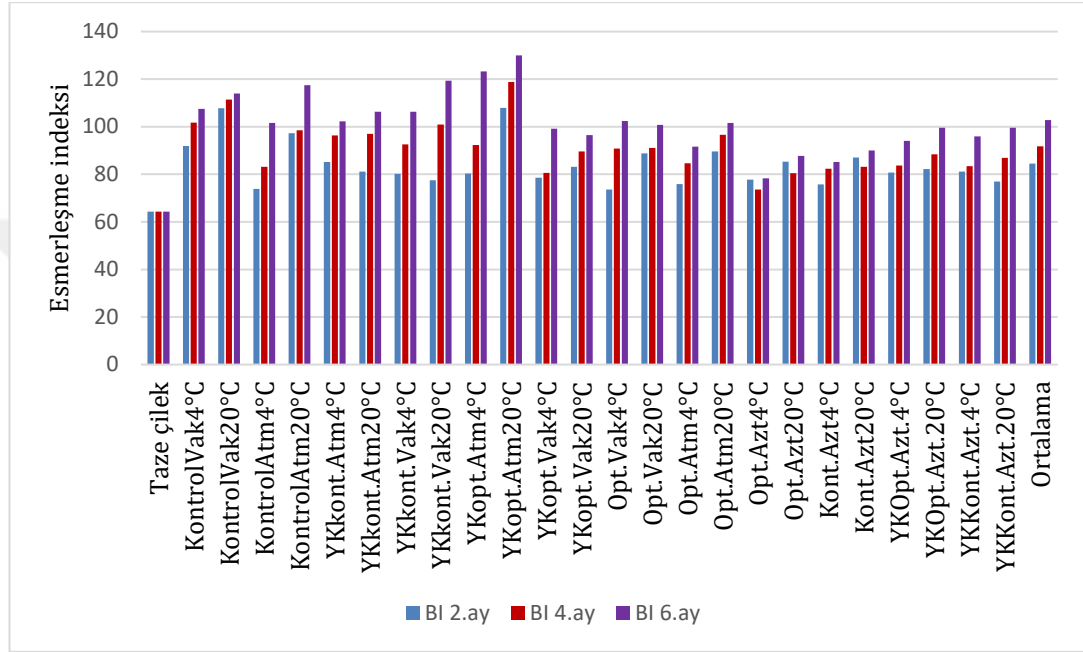
ambalajlanarak muhafaza edilmiştir. Hazırlanan örnekler; laboratuvarında oda sıcaklığında dolaplarda (20°C) ve buzdolabı koşullarında (4°C) 6 ay boyunca muhafaza edilmiştir. Kurutulmuş çilekler her iki ayda bir materyal metot kısmında belirtilen analizler gerçekleştirilmek kaydıyla toplam altı ay boyunca depolanmıştır.

Depolama süresince örneklerle, toplam asitlik, pH, su aktivitesi, % nem ve toplam kuru madde, kolorimetrik renk, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite (ABTS), askorbik asit analizleri yapılmıştır. Depolama çalışmasında örneklerde ilgili analiz sonuçlarının karşılaştırılması istatistiksel olarak değerlendirilerek muhtemel farkların önem düzeyleri belirlenmiştir. Depolama sürecinde ilgili parametrelerdeki değişimlerin önemli olup olmadığı çoklu karşılaştırma testleri ile belirlenmiştir. Bu amaçla Minitab istatistik paket programı aracılığıyla Tukey ve Fisher testleri kullanılarak varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir ($p<0.05$). Sonuçlar ortalama $\pm$ standart hatası şeklinde ifade edilmiştir.

Kurutulmuş çilekler, besin değerinin yüksek olması ve içeriğinde bulunan antosiyanin, flavonoidler ve folat, askorbik asit (Giampieri, 2012) gibi biyoaktif bileşikler nedeniyle dikkat çeken fonksiyonel bir meyve niteliğindedir. Ancak bu biyoaktif bileşikler işleme ve depolama gibi hasat sonrası işlemlerden önemli ölçüde etkilenebilmektedir (Mezzetti vd., 2018). Her ne kadar kurutma işlemi ile su aktivitesi azaltılarak taze meyveye kıyasla çilek daha güvenli hale gelse de depolama aşaması mevcut biyoaktif bileşenlerin korunması ve ürün stabilitesi açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple çileklerin gıda endüstrisindeki yerini genişletmek için uygun hasat sonrası işleme ve depolama koşulları üzerine araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Görsel olarak, depolanan örnekler değerlendirildiğinde 4 °C' de depolanan kurutulmuş çileklerin genel olarak renklerinde kararlaşmadığı ve renk değerlerinin kırmızı çilek rengine yakın olduğu gözlemlenmiştir. 20°C' de depolanan kurutulmuş çileklerin hepsinde renkte bozulma mevcut olup, maserasyon uygulanan bazı örneklerde (yarı-kuru ürünler) daha fazla kahverengileşme meydana geldiği tespit edilmiştir. Vakum yapıldıktan sonra

azot gazı basılarak ambalajnan örnekler, fırından çıktığı ilk haline en yakın durumdadır ve kahverengileşme söz konusu değildir. Azot gazı altında depolanan örnekler kendi içerisinde değerlendirildiğinde 4 °C' de depolanan kurutulmuş çileklerin 20°C' de depolanan çilek örneklerinden daha parlak kırmızı renkte olduğu belirlenmiştir. Genel olarak tam kuru çilekler yarı kuru çileklerden daha az renk değişimine uğramıştır. Şekil 4.35'te esmerleşme indeksi sunulmuştur.



* Depo sıcaklığı 4°C ≠ 20°C, depo süresi 2.ay = 4.ay ≠ 6. Ay, tam kuru = yarı kuru ≠ taze çilek, azot gazı paket ≠ vakum ve atm. paket, optimum = kontrol≠taze (p≤0.05).

Şekil 4.35. Esmerleşme indeksi (BI) depolama verileri

Esmerleşme indeksi depolanan bütün örnekler için hesaplanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Depolama süresi boyunca esmerleşme indeksi artmış ve 6.ay değerleri 2 ve 4.ay değerlerinden istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur. Tam ve yarı kuru ürünlerin 4. ve 6. ayda esmerleşme indeksi taze örnekten istatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunmuştur. Farklı paketleme yapılan örneklerde 2. ayda önemli bir fark bulunmazken, 4. ve 6. ayda azot gazı altında muhafaza edilen örnekler diğer paketlerden önemli derecede daha az esmerleşme göstermiştir (p≤0.05). Optimum ve kontrol ürünlerin 4. ve 6. ayda esmerleşme indeksi taze çilekten istatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunmuş ve optimum örneklerin esmerleşme indeksi değerleri genel olarak kontrol örneklerinden daha düşük

bulunmuştur. Depolama sıcaklığı 2. ayda istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 4 derecede depolanan örneklerin esmerleşmesi 20 derecede tutulan örneklerden daha az olmuştur, 4 ve 6. ayda depolama sıcakları arasındaki fark önemli değildir ($p>0.05$). 2. ayda örneklerin esmerleşme indeksi ortalaması 84.54 ± 9.34 , 4. ayda 91.78 ± 10.34 , 6. ayda 102.81 ± 12.22 bulunmuştur. Esmerleşme indeksinin daha yüksek bulunması literatürde ısı işlem esnasında daha yoğun esmerleşme reaksiyonu meydana gelmesi ile açıklanmıştır (Cernîşev, 2010, Abano vd., 2011).

Depolama aşamasında kurutulmuş çileklerin en uygun depolama koşullarının optimizasyonu için yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 4.26. Çizelge 4.27. ve Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Kurutulmuş çileklerin depolama sürecinde % nem miktarı değişimleri incelendiğinde sadece tam kuru ve yarı kuru ürünlerin nem miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı depolama şartlarının nem miktarı üzerindeki değişikliklerde istatistiksel olarak önemli bir etkisi yoktur ($p\leq 0.05$). Su aktivitesi değeri depolama şartlarından istatistiksel olarak önemli derecede etkilenmemiştir. Sadece tam kuru ve yarı kuru ürünlerin a_w değeri birbirinden istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p\leq 0.05$).

Suda çözünür kuru madde üzerinde depolama süresi, sıcaklığı ve paketleme farkının istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır. Tam kuru ve yarı kurun ürünlerin 4. ay ve 6. ay depolamasında ortalama °Brix değerleri aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Optimum ve kontrol örneklerinin depolamanın 4. ayında ortalama °Brix değerleri sırasıyla 66.85 ve 59.40 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 2 ve 6. ayında optimum ve kontrol örnekleri arasında önemli bir fark bulunmazken 4. ay depolama sonuçları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.26. Tam ve yarı kuru ürünlerin depolama analiz sonuçları (Nem, su aktivitesi ve suda çözünür kuru madde)

Kurutma	% Nem			Su aktivitesi (a_w)			SÇKM (°Bx)		
	2.ay	4.ay	6.ay	2.ay	4.ay	6.ay	2.ay	4.ay	6.ay
Taze çilek	90.07	90.07	90.07	0.982	0.982	0.982	12.3	12.3	12.3
KontrolVak4°C	6.49	8.38	6.92	0.399	0.363	0.360	64.6	74.2	74.7
KontrolVak20°C	7.63	6.20	4.69	0.401	0.339	0.329	54.7	71.8	72.1
KontrolAtm4°C	6.80	7.60	5.26	0.389	0.368	0.354	68.6	72.4	72.9
KontrolAtm20°C	7.54	6.10	7.71	0.409	0.332	0.324	67.0	73.0	74
YKkont.Atm4°C	20.95	20.68	17.1	0.700	0.640	0.621	59.4	58.2	60
YKkont.Atm20°C	19.01	9.50	17.2	0.623	0.429	0.404	65.0	59.8	60.4
YKkont.Vak4°C	22.74	19.10	21.29	0.727	0.529	0.509	54.8	59.4	61.04
YKkont.Vak20°C	26.67	11.40	23.46	0.706	0.643	0.625	67.3	59.7	61.01
YKopt.Atm4°C	17.01	13.73	8.51	0.641	0.486	0.471	69.6	64.7	65.7
YKopt.Atm20°C	13.91	11.26	9.21	0.572	0.407	0.394	52.2	65.6	66.4
YKopt.Vak4°C	18.30	21.08	18.56	0.657	5.90	0.570	69.3	66.3	66.4
YKopt.Vak20°C	14.85	14.43	12.57	0.598	0.535	0.511	64.4	65.3	67.01
Opt.Vak4°C	11.68	7.21	10.42	0.537	0.397	0.376	82.2	69.9	70.8
Opt.Vak20°C	9.31	6.99	7.39	0.498	0.378	0.369	72.0	73.3	74.4
Opt.Atm4°C	9.59	9.78	7.66	0.479	0.384	0.377	61.5	74.4	74.9
Opt.Atm20°C	8.70	6.37	7.4	0.461	0.400	0.389	77.0	66.2	67.2
Opt.Azt4°C	5.09	6.42	4.49	0.372	0.275	0.285	57.4	72.3	73.6
Opt.Azt20°C	4.91	6.59	4.3	0.336	0.309	0.298	69.8	73.1	73.9
Kont.Azt4°C	6.42	8.04	5.66	0.383	0.311	0.296	59.4	69.3	71.2
Kont.Azt20°C	5.96	8.39	4.31	0.370	0.262	0.262	46.9	69.5	71.3
YKOpt.Azt.4°C	18.10	17.4	17.9	0.664	0.501	0.487	62.1	62.3	62.9
YKOpt.Azt.20°C	16.21	14.5	14.4	0.631	0.498	0.481	64.7	62.0	63.4
YKKont.Azt.4°C	22.64	20.2	20.9	0.695	0.621	0.561	50.9	57.4	60.1
YKKont.Azt.20°C	18.36	17.1	17.6	0.647	0.499	0.480	54.2	59.6	60.7

Depolanan örneklerin sonuçları değerlendirildiğinde depolama süresi h° açısı üzerinde istatistiksel önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Kontrol ve optimum şartlar altında örnekleri incelendiğinde 2.ayda aralarında fark bulunmazken. 4.ay depolamalarında optimum örnekler ile kontrol örnekleri arasında h° açısı önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama sıcaklıkları incelendiğinde ve 4 °C ile 20 °C arasında depolama süresince h° açısı farkı istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Vakum paketlenme, azot gazı ile paketlenme ve atmosfer paketlenme çeşitleri h° açısı bakımından incelendiğinde atmosfer paketlenme ile azot gazı ile paketlenme arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Azot gazı ile depolanan örneklerin h° açısı değeri ortalaması 30.38, vakum paketlenme örneklerinin 34.49, atmosfer paketlenme örneklerinin 38.94 bulunmuştur. Azot gazı ile paketlenen örneklerin taze çileğe daha yakın h° açısına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Depolanan tam kuru ve yarı kuru örnekler,

içerdikleri nem miktarına göre değerlendirildiğinde istatistiksel olarak h° açısında önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).

Titrasyon asitliği üzerinde depolama süresi, sıcaklığı, paketleme farkı ve optimum-kontrol örneklerinin istatistiksel olarak önemli bir etkisi tespit edilmemiştir ($p<0.05$). Depolamanın 2. ayında tam kuru ve yarı kuru çilek örnekleri titrasyon asitliği değerleri sırasıyla 4.58 ve 6.30 hesaplanmıştır ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunurken ($p<0.05$), 4 ve 6. ay depolama sonuçları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.05$).

Depolama süresi, sıcaklığı, optimum ve kontrol örnek farkı ve farklı paketleme çeşitlerinin pH üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). Taze, tam kuru ve yarı kuru ürünlerin 2. ay depolamasında pH değerleri sırasıyla 3.88, 3.84 ve 3.75 olarak ölçülmüştür ve tam kuru ürünler ile yarı kuru ürünler arasındaki pH farkı önemlidir ($p<0.05$). Benzer şekilde 6. ay depolamasında pH değerleri tam ve yarı kuru ürünler için sırasıyla 3.83 ve 3.74 olarak ölçülmüştür ve tam kuru ürünler ile yarı kuru ürünler arasındaki pH farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.27. Tam ve yarı kuru ürünlerin depolama analiz sonuçları (h° açısı, titrasyon asitliği ve pH değeri)

Kurutma	Hue $^{\circ}$			% Titrasyon Asitliği			pH		
	2.ay	4.ay	6.ay	2.ay	4.ay	6.ay	2.ay	4.ay	6.ay
Taze çilek	27.5	27.5	27.5	1.24	1.24	1.24	3.88	3.88	3.88
KontrolVak4°C	27.5	37.6	33.4	4.09	5.44	5.39	3.79	3.83	3.81
KontrolVak20°C	35.3	43.1	41.0	3.30	4.81	4.79	3.9	3.7	3.72
KontrolAtm4°C	31.7	36.1	33.2	5.33	5.24	5.19	3.79	3.83	3.79
KontrolAtm20°C	44.3	46.6	44.4	4.02	4.78	4.81	3.93	3.7	3.69
YKkont.Atm4°C	50.6	46.9	39.4	4.41	5.12	5.07	3.77	3.89	3.91
YKkont.Atm20°C	27.5	26.2	32.54	4.61	3.60	3.66	3.8	3.77	3.75
YKkont.Vak4°C	34.6	42.9	40.9	9.50	4.20	4.14	3.68	3.68	3.66
YKkont.Vak20°C	27.5	26.5	34.28	10.99	4.85	4.87	3.76	3.66	3.66
YKopt.Atm4°C	38.7	48.6	37.0	6.24	6.09	6.11	3.76	3.7	3.69
YKopt.Atm20°C	38.7	48.6	37.3	5.05	5.74	5.76	3.75	3.63	3.66
YKopt.Vak4°C	56.1	56.8	39.1	5.41	5.96	6.02	3.7	3.65	3.67
YKopt.Vak20°C	35.2	24.5	35.7	5.92	6.00	5.91	3.68	3.8	3.78
Opt.Vak4°C	29.8	45	23.4	5.16	4.50	4.62	3.85	3.95	3.98
Opt.Vak20°C	38.8	53.3	34.6	5.70	3.59	3.62	3.72	3.82	3.86
Opt.Atm4°C	36.9	44.7	26.1	4.73	4.98	5.04	3.79	3.79	3.81
Opt.Atm20°C	48.5	40.9	29.1	5.18	4.78	4.81	3.8	3.87	3.86
Opt.Azt4°C	26.7	27.6	25.4	3.52	5.37	5.41	3.94	3.92	3.90

Çizelge 4.27. Tam ve yarı kuru ürünlerin depolama analiz sonuçları (h° açısı, titrasyon asitliği ve pH değeri) (Devamı)

Kurutma	Hue°			% Titrasyon Asitliği			pH		
Opt.Azt20°C	29.6	38.5	28.4	5.45	5.65	5.70	3.82	3.9	3.88
Kont.Azt4°C	30.4	30.9	31.4	4.37	5.00	5.04	3.92	3.91	3.93
Kont.Azt20°C	32.1	35.4	28.8	4.15	2.91	3.17	3.85	3.79	3.77
YKOpt.Azt.4°C	27.9	32.9	33.4	7.12	5.46	5.49	3.76	3.75	3.75
YKOpt.Azt.20°C	31.6	35.6	41.0	6.91	5.65	5.71	3.71	3.84	3.80
YKKont.Azt.4°C	30	34.2	33.2	4.91	5.51	5.63	3.81	3.88	3.91
YKKont.Azt.20°C	32.4	35.3	44.4	5.92	5.87	5.82	3.71	3.75	3.71

Örneklerin depolama süresinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. 2,4 ve 6 ay için askorbik asit miktarları sırasıyla ortalama 365.3, 294.5 ve 47.6 mg A.A. /100 g KM olarak bulunmuş, 2 ve 4. ay arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken ($p>0.05$), 6.ay ile diğer ayların arasındaki fark istatistiksel önemlidir ($p<0.05$). 2.ay depolama sonrası optimum örneklerde ortalama askorbik asit 374.8, kontrol örneklerinde 355.8, 4. ay depolama sonrası optimum örneklerde 298.3, kontrol örneklerinde 290.7, 6. ay depolama sonrası optimum örneklerde 50.5, kontrol örneklerinde 44.6 mg A.A. /100 g KM olarak bulunmuştur. Askorbik asit içeriğinin optimum örneklerde depolama süresince kontrol örneklerinden daha fazla miktarda bulunmasına rağmen, istatistiksel olarak bu fark önemli değildir ($p>0.05$). 2. ay depolamasında tam kuru ve yarı kuru ürünlerin ortalama askorbik asit içeriği sırasıyla 473.6 ile 256.9 5 mg A.A. /100 g KM olarak hesaplanmıştır ve aralarındaki fark önemlidir ($p<0.05$). 4. ay depolamasında ürünlerin ortalamaları arasındaki fark daha da açılmıştır. Tam kuru ürünler 407.5, yarı kuru ürünler 181.5 mg A.A. /100 g KM olarak hesaplanmış ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Benzer şekilde 6. ay depolamasında tam kuru ürünler 79.1, yarı kuru ürünler 16.03 mg A.A. /100 g KM olarak hesaplanmış ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ürünlerin nem içeriğinin başlangıç askorbik asit içeriğine önemli etkisi olmasa da depolama sırasında askorbik asitin korunmasında düşük nem seviyesinin ve a_w değerinin önem arzettiği gözlemlenmiştir. Farklı paketlemeler arasında 2. ayda azot gazı altında muhafaza edilen örnekler ortalama 554.6, vakum paketler 309.6 ve atmosfer paketlemeleri 231.6 mg A.A. /100 g KM içermektedir. 4. ayda azot gazı altında muhafaza edilen örneklerde ortalama 470, vakum paketlenen örneklerde 219.9 ve atmosfer şartlarında ağzı

açık yapılan paketlemelerde 193.7 mg A.A. /100 g KM hesaplanırken; azot gazı altında tutulan örnekler, hem 2.ayda hem de 4. ayda istatistiksel olarak diğer iki paketleme türünden önemli derecede farklıdır ($p<0.05$). 6. ayda iki paketleme türünde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Aynı zamanda 6. ay sonunda azot gazı altında tutulan örnekler ortalama 89.4, vakum paketler 29.8, atmosfer şartlarında tutulan paketler 23.6 mg A.A. /100 g KM içerdiği tespit edilmiştir. Depolanan örneklerin 2. ayda 4 °C'de ortalama askorbik asit içeriği 453, 20 °C'de 277.6, 4. ayda 4 °C'de 387.6, 20 °C'de 201.4, 6. ayda 4 °C'de 77.8, 20 °C'de 17.4 mg A.A. /100 g KM olarak hesaplanmıştır. 4 °C'de depolanan örneklerin askorbik asit miktarı depolama süresince 20 °C'de depolanan örneklerden önemli derecede daha fazladır ($p<0.05$).

Örneklerin toplam fenolik madde miktarları depolama süresi açısından incelendiğinde 2, 4 ve 6. ay depolamalarında sırasıyla 30.92 , 20.11 ve 16.51 mg GAE / g KM olarak hesaplanmış ve aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tam kuru ve yarı kuru ürünlerin toplam fenolik madde miktarları arasındaki fark 2. ayda istatistiksel olarak önemsizken($p<0.05$) 4. ayda önemli bulunmuştur. 4. ay depolamalarında tam kuru ürünlerin ortalama 22.69, yarı kuru ürünlerin ortalama 17.53 mg GAE/g KM toplam fenolik madde içerdiği tespit edilmiştir. 2. ay depolamasında azot gazı, vakum ve atmosfer şartlarında paketlenen örneklerin toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 36.03. 28.79 ve 27.925 mg GAE/ g KM olarak belirlenmiş, azot gazı basılan örneklerin diğer paketleme çeşitlerinden önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). 4. ay depolamalarında paketlemelerin farkı istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). 6. ay depolamasında azot gazı ile muamele edilen, vakum paketlenen ve atmosfer şartlarında paketlenen örneklerin toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 19.76, 14.98 ve 14.77 mg GAE/ g KM olarak belirlenmiş, azot gazı basılan örneklerin diğer paketleme çeşitlerinden önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Optimum şartlar altında ve kontrol kurutma arasında toplam fenolik madde miktarı bakımından optimum örnekler depolama süresince daha fazla fenolik içerse de istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ($p>0.05$). 2.ay depolamasında 4°C'de ortalama toplam fenolik madde miktarı 33.65, 20°C'de 28.18 mg GAE/ g KM olarak bulunmuştur. Sonuçlar depolama sıcaklığının 2.ay

depolamasında yapılan diğer kimyasal analizlere benzer şekilde 4°C'de muhafaza edilen örneklerin 20°C'deki örneklerden önemli derecede farklı olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). Ancak 4 ve 6. ay depolamasında depolama sıcaklığının istatistiksel olarak önemli bir farkı yoktur ($p>0.05$).

Örnekler depolama süresi açısından incelenmiş 2, 4 ve 6. ayda sırasıyla ortalama 11.27, 10.51, 9.88 mg T.E. /g KM olarak tespit edilmiştir. Sürenin antioksidan madde miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tam kuru ürünler ile yarı kuru ürünlerin antioksidan madde miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.05$). Farklı paketleme çeşitlerinin etkisi 2. ay depolamasında önemsiz çıkmıştır ($p>0.05$). 2. ayda 4 ve 20 °C depolanan örneklerde antioksidan madde sırasıyla 12.24 ve 10.32 mg T.E. /g KM hesaplanmış, sıcaklığının etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4. ay depolamalarında azot gazı basılan örnekler ortalama 11.88, vakum paketleme yapılan örnekler 10.6 ve atmosfer paketleme 9.15 mg T.E. /g KM olarak hesaplanırken azot gazı basılan örneklerin antioksidan madde içeriği istatistiksel olarak diğer iki paketleme türünden önemli ölçüde farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Depolanan örneklerin ortalama antioksidan madde miktarları 4. ayda 4 °C'de 11.46 20°C'de 9.64, 6.ayda 4 °C'de 10.66 20°C'de 9.01, mg T.E. /g KM olarak hesaplanmıştır. Depolama sıcaklığının etkisi depolama süresi boyunca istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 6.ayda antioksidan madde içeriği optimum örneklerde ortalama 10.96, kontrol örneklerinde 8.81, mg T.E. /g KM olarak hesaplanmıştır. Optimum ve kontrol örnekleri ortalama antioksidan madde içeriği bakımından karşılaştırıldığında optimum örnekler bütün aylarda kontrol örneklerinden daha fazla antioksidan madde içermekte fakat aralarındaki fark sadece 6. ayda istatistiksel olarak önemli çıkmaktadır ($p<0.05$).

Çizelge 4.28. incelendiğinde kuru çileklerin fenolik madde miktarında depolama süresince genel olarak bir azalış görülsede, birçok etkene bağlı olabileceği düşünülen antioksidan aktivite değerlerinde bu durum değişkenlik göstermektedir. Fenolik içerikteki bir azalma, sistematik olarak antioksidan aktivitede her zaman bir azalmaya yol açmayabilmektedir. Literatürde daha

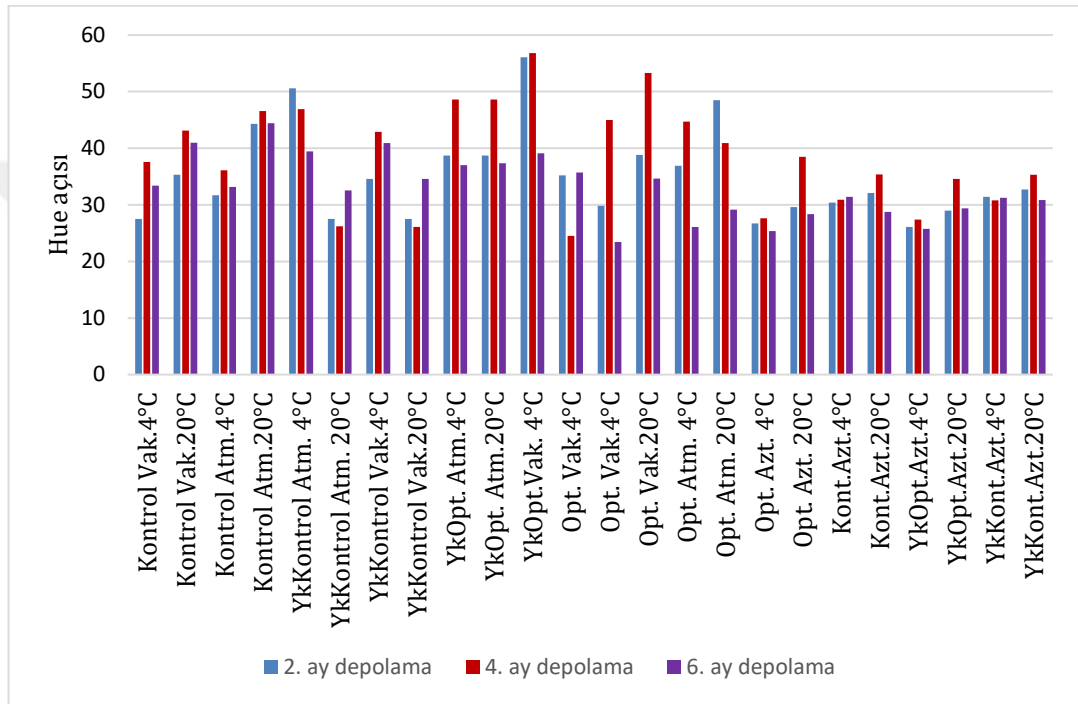
düşük fenolik içeriğe ve daha yüksek bir antioksidan aktiviteye sahip gıdalar mevcuttur (Alonzo-Macías vd., 2014; Buchner vd., 2006).

Çizelge 4.28. Tam ve yarı kuru ürünlerin depolama analiz sonuçları (Askorbik asit, antioksidan madde ve TFM)

Kurutma	mgA.A./100g KM			mg GAE /g KM			mg T.E. /g KM		
	2.ay	4.ay	6.ay	2.ay	4.ay	6.ay	2.ay	4.ay	6.ay
Taze çilek	673.3	673.3	673.3	47.41	47.41	47.41	22.41	22.41	22.41
Kontrol Vak. 4°C	601.02	528.74	86.66	30.95	16.40	18.51	10.10	9.10	4.95
Kontrol Vak.20°C	321.53	173.72	10.17	25.85	19.07	16.87	8.68	7.69	4.34
Kontrol Atm 4°C	426.45	459.76	85.11	30.55	20.80	13.77	10.78	9.78	3.73
Kontrol Atm 20°C	256.11	222.83	42.89	28.11	22.75	16.44	9.92	9.68	4.07
YKkont. Atm 4°C	217.60	196.81	1.26	30.41	9.68	15.87	12.15	11.19	4.43
YKkont. Atm 20°C	15.13	3.74	1.34	24.90	14.70	8.43	7.41	6.94	3.32
YKkont. Vak 4°C	215.92	65.81	1.57	38.46	12.36	14.00	12.31	9.00	4.25
YKkont. Vak 20°C	16.65	8.37	1.41	26.86	16.36	11.22	8.29	8.95	4.03
YKopt. Atm4°C	204.91	189.00	1.41	31.65	15.00	17.21	12.25	11.56	6.79
YKopt. Atm20°C	14.74	10.77	1.09	27.38	22.29	16.99	11.11	9.89	5.51
YKopt. Vak4°C	348.84	90.47	9.02	31.91	20.41	16.78	12.01	10.70	5.45
YKopt. Vak20°C	25.89	4.26	1.35	28.82	23.76	13.54	8.11	7.24	3.74
Opt.Vak 4°C	603.52	513.12	126.72	26.30	15.75	19.91	11.37	10.34	5.37
Opt.Vak 20°C	343.47	165.07	1.38	21.17	28.93	9.03	6.60	6.22	3.68
Opt.Atm 4°C	416.32	474.26	54.31	26.48	24.86	15.00	11.55	10.32	6.70
Opt.Atm 20°C	301.48	201.75	1.39	23.93	25.80	14.42	10.14	9.09	5.78
Opt.Azt 4°C	660.56	615.78	250.32	45.93	24.14	25.35	12.21	10.99	6.29
Opt.Azt 20°C	550.18	501.00	70.12	35.28	29.19	24.14	11.87	10.75	5.68
Kont.Azt 4°C	647.45	593.31	162.97	45.92	24.91	21.41	12.07	11.60	5.41
Kont.Azt 20°C	555.30	440.88	57.53	36.50	21.22	18.85	12.04	11.38	4.87
YKOpt. Azt.4°C	553.90	464.10	78.79	33.16	18.27	18.54	12.04	12.82	5.70
YKOpt. Azt.20°C	473.70	350.60	10.45	29.92	19.32	17.17	11.60	11.57	5.02
YKKont. Azt.4°C	539.20	460.00	74.97	32.14	17.99	16.74	11.86	12.13	4.89
YKKont. Azt.20°C	456.90	334.30	9.74	29.40	18.64	15.92	11.36	11.33	4.54

Şekil 4.36. incelendiğinde 2, 4 ve 6.ay değişimleri örnek bazında karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilir. h° açısının 2. ay depolamasında 25-30 seviyesinden. 4.

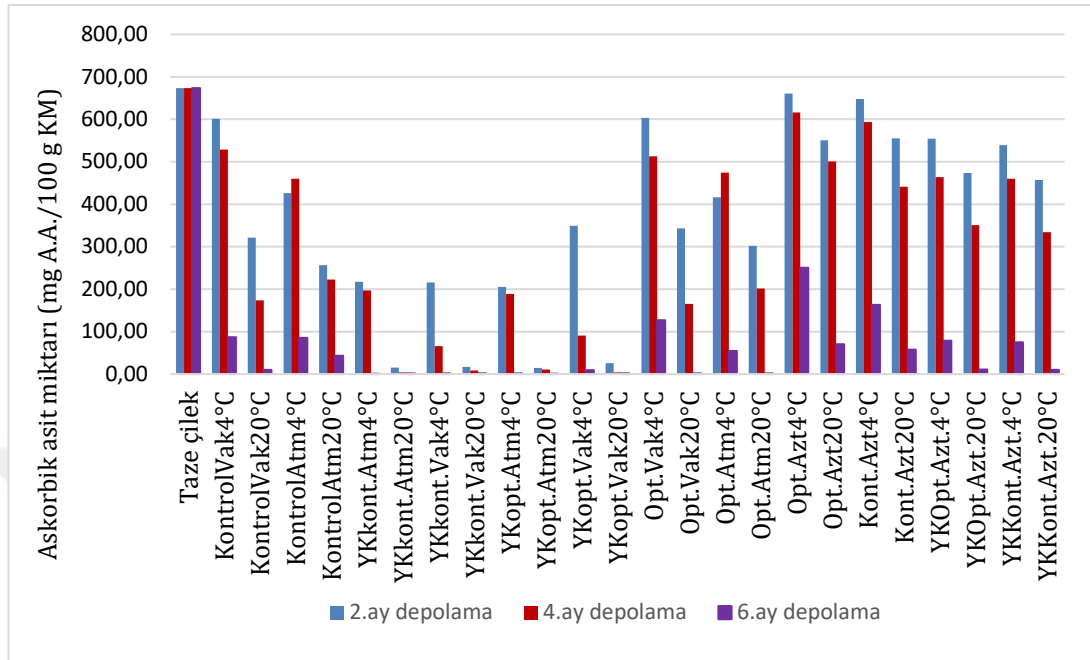
ay depolamasında 35-45 seviyesine ve 6. ayda daha da artarak yükseldiği gözlemlenmiştir. h° açısındaki artış rengin parlak kırmızıdan, kırmızı-kahverengiye doğru geçişini belirtmektedir. Yarı kuru optimum vakum örneği en fazla renk değişimine uğrayan ve kırmızı renkten kahverengi-sarı renge kayan örnek olmuştur. Genel olarak azot gazı altında muhafaza edilen örnekler 6 ay boyunca daha az renk değişimine uğramış ve h° açısı değerleri taze çileğin değerine daha yakın seviyelerde kalmıştır.



Şekil 4.36. Hue açısı depolama verileri

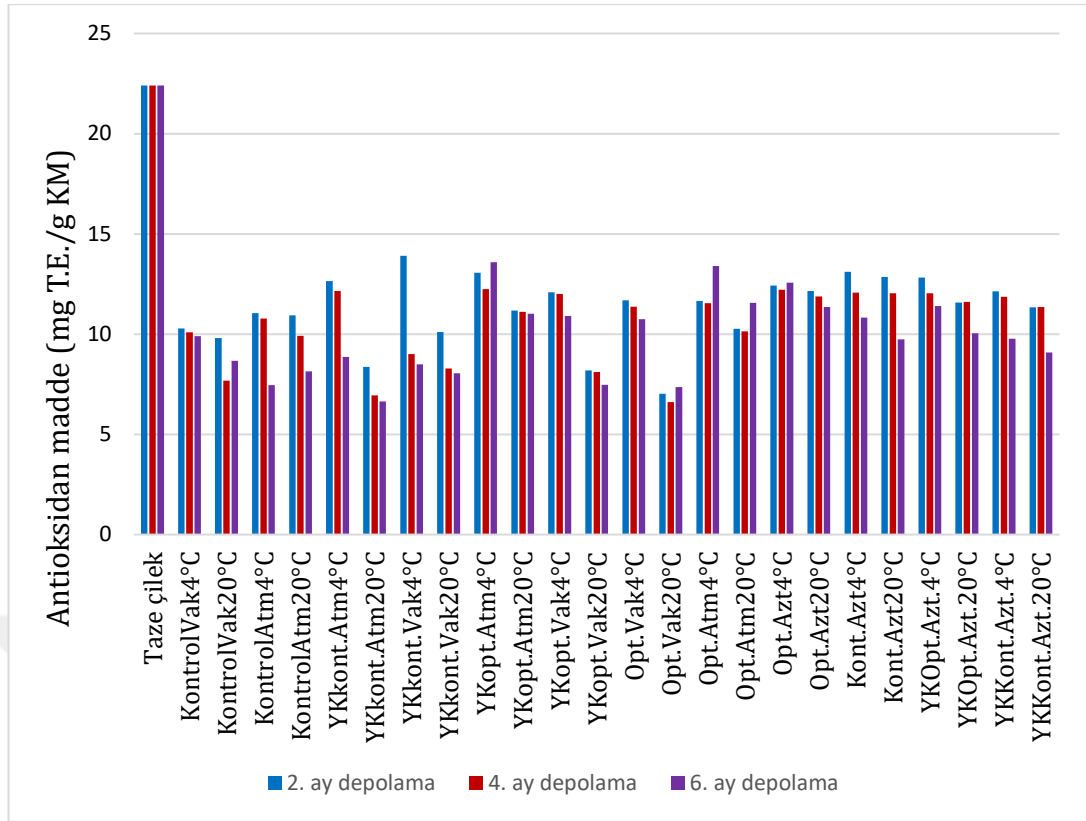
Askorbik asit miktarının başlangıç, kurutma ve depolama süresince değişimi değerlendirilmiştir. Depolamanın 2. ve 4. ve 6. ayında renk değişimine benzer şekilde oda sıcaklığındaki örnekler daha çok askorbik asit kaybına uğrarken, 4°C' de tutulan örnekler askorbik asit içeriğini daha iyi korumuştur. Şekil 4.37'de örneklerin depolama sürecinde askorbik asit miktarlarındaki değişim görsel olarak sunulmuştur. 6. ayda birçok üründe askorbik asit miktarı 100 mg A.A/100g KM seviyesinin altına düşmüş bazı örneklerde neredeyse hiç kalmamıştır. 4 derecede muhafaza edilen örneklerde askorbik asit miktarı belirgin şekilde daha fazladır. Azot gazı altında muhafaza edilen örnekler

(kont.azt 4°C) ve CM işlemi uygulanan bazı örnekler (opt azt. 4°C) askorbik asit içeriğini diğer örneklerle kıyasla daha iyi korumuştur.



Şekil 4.37. Askorbik asit miktarı depolama verileri

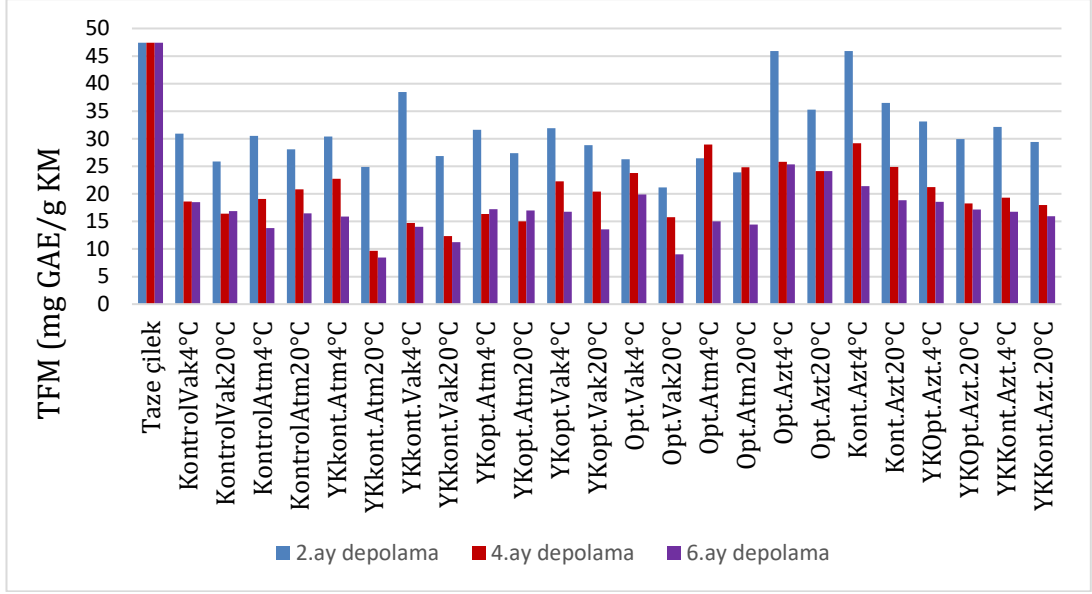
Taze çilek ve kuru çileklerin depolama sonrası antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite 22.41 mg T.E/g KM ile taze çilekte hesaplanmıştır. Depolama örneklerinde kontrol atmosfer 4°C, yarı kuru kontrol atmosfer 4°C, yarı kuru kontrol vakum 4°C, yarı kuru optimum atmosfer 4°C, yarı kuru optimum vakum 4°C, Optimum vakum 4°C ve azot gazı altında tutulan tüm örnekler diğer örneklerden daha yüksek miktarda antioksidan aktiviteye sahiptir. Şekil 4.38’de örneklerin depolama sürecinde antioksidan madde miktarlarındaki değişim görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.38. Antioksidan madde miktarı depolama verileri

Minh vd., (2019) yaptıkları çalışmada kurutma işlemi öncesi haşlama ön işlemini uygulamış olup ardından üç aylık periyotlarla iki farklı sıcaklıkta (4 °C ve 28 °C) on iki ay depolama gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kurutulmuş çileklerin vakumlu poşetlerde 4°C de 12 aya kadar depolandığında antioksidan aktivitenin korunduğunu bildirilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarının taze örnek ile depolama süresince değişimi incelenmiştir. Fenolik madde miktarı 47.41 mg GAE/ g KM ile en yüksek seviyede taze çilekte bulunurken, depolama örneklerinde kontrol vakum 4°C, kontrol atm. 4°C, yarı kuru kontrol atm. 4°C, yarı kuru kontrol vakum 4°C, yarı kuru optimum atm. 4°C, yarı kuru optimum vakum 4°C ve azot gazı altında tutulan tüm örnekler diğer örneklerden daha yüksek toplam fenolik madde içermektedir. Grafikte 4°C’de depolanan örneklerin kontrol veya optimum fark etmeksizin fenolik madde içeriklerini daha iyi koruduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.39’da örneklerin depolama sürecinde fenolik madde miktarlarındaki değişim görsel olarak sunulmuştur.

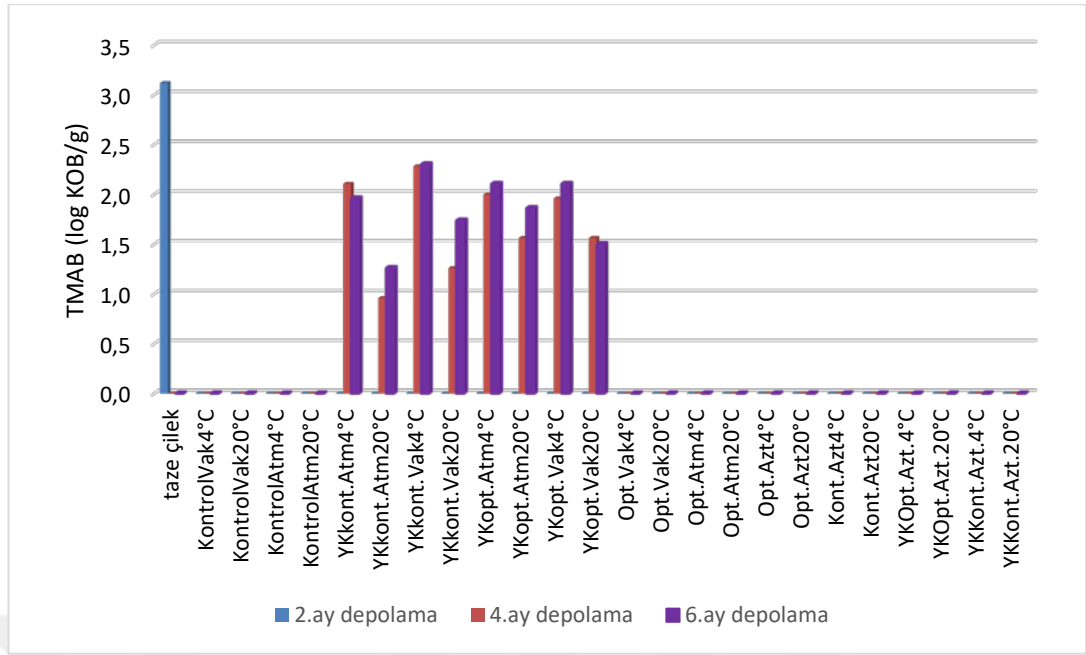


Şekil 4.39. TFM miktarı depolama verileri

Yapılan bir çalışmada vakum destekli mikrodalga kurutma işleminin çileklerin depolanmasının ardından kalite özellikleri ve raf ömrü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmaya benzer şekilde 6 ay boyunca 20 °C de depolanan kurutulmuş çileklerin polifenol ve flavonit içeriklerinin bir miktar arttığı veya değişmediği ancak antosiyaninlerin bu depolama koşullarında ve polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) gibi oksidatif enzimlerin de etkisiyle kayba uğradığı bildirilmiştir (de Bruijn vd., 2016).

Yapılan tez çalışmasında kurutulmuş çileklerin su aktivite değerleri mikrobiyel açıdan güvenli kabul edilebilecek düzeye ($a_w < 0.6$) düşürülmüştür. Bu çileklerin mikrobiyolojik analizleri her iki aylık periyotlarla altı ay depolama boyunca yapılmıştır ve “Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği”ne uygun mikrobiyel yük içeren en uzun raf ömrüne sahip ürün olduğu analiz sonuçlarında görülmektedir.

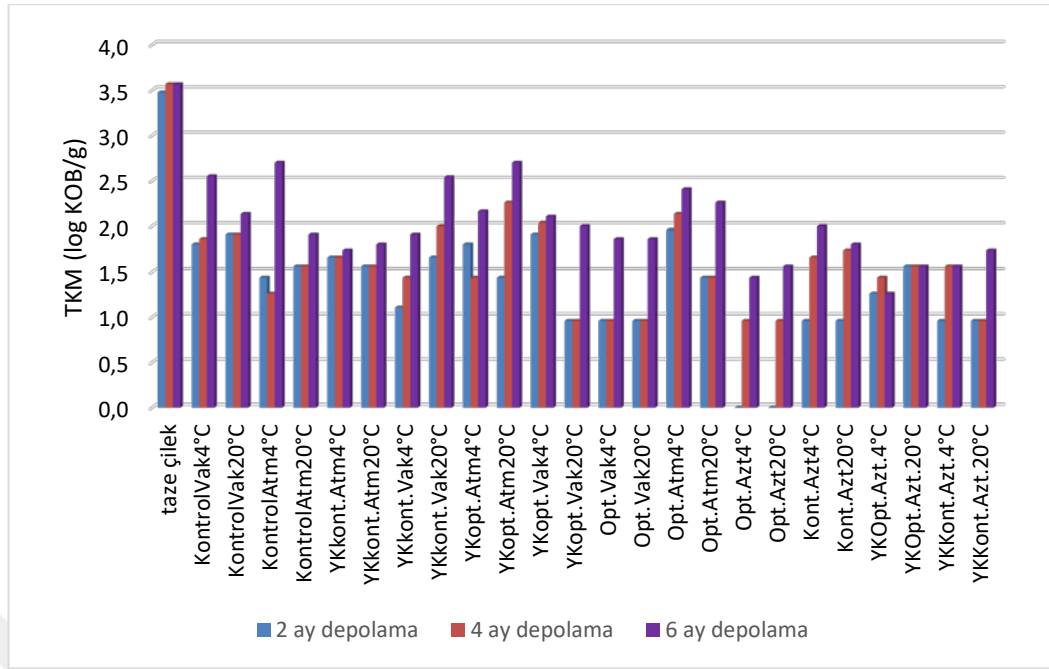
Depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı ve toplam maya-küf sayımı yapılarak ürünlerin mikrobiyolojik yükü incelenmiştir. Taze çilek örneği de mikrobiyolojik olarak incelenmiştir. Sonuçlar Şekil 4.40 ve Şekil 4.41’de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



*Depo sıcaklığı 4°C = 20°C , depo süresi 2.ay ≠ 4 ve 6. Ay, tam kuru ≠ yarı kuru ≠ taze çilek, azot gazı paket ≠ vakum ve atm. paket, optimum = kontrol (p≤0.05).

Şekil 4.40. Depolanan örneklerde toplam mezofilik aerob bakteri miktarı

Taze çilek örneğinde 3.12 log KOB/g toplam mezofilik aerob bakteri tespit edilmiştir. Depolamanın 2. ayında optimum, kontrol, tam kuru, yarı kuru, azot gazı ile paketlenme, vakum paketlenme, atmosfer şartları altında paketlenme, 4°C ve 20°C de depolanan örneklerin hiç birisinde bakteri gelişimi gözlenmemiştir. Ancak 4. ay depolamasında bakteri gelişimi gözlenmeye başlamış ve 6. ayda da bir miktar daha artmıştır. Bakteri gelişimi genel olarak yarı kurutulmuş örneklerde gözlemlenmiştir. Azot gazı altında depolanan tam ve yarı kuru örneklerde bakteri gelişimi gözlenmemiştir.



* Depo sıcaklığı 4°C = 20°C, depo süresi 2.ay = 4.ay ≠ 6. Ay, tam kuru = yarı kuru ≠ taze çilek, azot gazı paket ≠ vakum ve atm. paket, optimum = kontrol (p≤0.05).

Şekil 4.41. Depolanan örneklerde Toplam Maya-Küf miktarları

Taze çilek örneğinde ortalama 3.52 log KOB/g toplam küf ve maya tespit edilmiştir. Grafik incelendiğinde 2.ay depolamasında her örnekte maya tespit edilmiştir. Genel olarak yarı kuru ürünlerde daha çok küf gelişimi gözlemlenmiştir. 4. ay depolamasında CM ile kurutma yapılan ön işlemlili örnekler kontrol grubundan daha az küf gelişimi göstermiştir. 6.ay depolamasında en az mikrobiyal gelişim azot gazı altında tutulan örneklerde gözlenmiştir.

Mikrobiyoloji analizinin sonuçları depolama süresince çilek ürünlerinde istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Depolama sıcaklığının TMAB gelişimi üzerinde önemli bir etkisi yoktur (p>0.05). Depolama süresinin TMAB üzerinde önemli derecede etkisi vardır (p<0.05). Depolama süresi arttıkça mikrobiyel yük artmaktadır. 2. ayda örneklerde bakteri gelişimi gözlenmezken, 4 ve 6. ayda sırasıyla ortalama 0.55 ve 0.59 log KOB/g toplam bakteri gelişimi olmuştur. Ürünler kurutma derecelerine göre değerlendirildiğinde yarı kuru ve tam kuru ürünlerin toplam bakteri miktarı hem birbirlerinden hem de taze çilekten istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Uygulanan farklı paketlemeler değerlendirildiğinde depolama süresince en az mikrobiyolojik gelişim azot gazı altında muhafaza edilen örneklerde gözlenmiş ve diğer bütün örneklerden istatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunmuştur (p<0.05). Vakum ve ağzı

kapalı paketlenme çeşitleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$), fakat bütün örnekler taze çilekten önemli derecede daha az mikrobiyal yüke sahiptir. Optimum ve kontrol örnekleri arasında depolama süresi boyunca toplam bakteri miktarı açısından önemli derecede fark bulunmamıştır. Küf ve maya gelişimi açısından depolama süresi boyunca bütün paketlenme çeşitleri taze çilekten istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). 2, 4 ve 6. ayda sırasıyla 1.39, 1.61 ve 2.05 log KOB/g toplam küf ve maya tespit edilmiştir. Toplam maya ve küf sayısı açısından depolamada farklı paketlenmeler değerlendirildiğinde 2 ve 6. ayda azot gazı uygulanan paketlenme çeşitleri vakum, atmosfer paketlenme ve taze çilekten istatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunmuştur ($p\leq 0.05$). Mikrobiyal yük en az azot gazı ile depolanan örneklerde bulunurken bunu sırasıyla vakum paketlenme ve atmosfer şartlarında paketlenme ve taze çilek takip etmektedir. Depolama sıcaklıkları olan 4 ve 20°C'de tutulan bütün örnekler küf ve maya gelişiminde taze çilekle kıyaslandığında önemli derecede daha az mikrobiyal yük içermektedir ($p<0.05$). Optimum ve kontrol örnekleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Kurutma işlemi ile taze çileklerde bulunan mikrobiyal yükte önemli derecede azalma sağlanmıştır.

Her ne kadar bu çalışmada a_w değeri bütün ürünlerde güvenli seviyede olduğu için mikrobiyel açıdan bir tehlike söz konusu olmasada, üretimden sonra depolama esnasında dışarıdan bir patojen kontaminasyonu ile kuru ürünlerde patojen gelişimi gözlenebilmektedir. Bu bağlamda üretim koşullarının hijyenik olması ve depolama sırasında uygulanacak paketlenmenin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu hususta yapılan bir çalışmada, nemi % 14, a_w 0.21 ve 3.32 pH değerine sahip çilekler mikrobiyel açıdan güvenli (TMAB, koliform, maya ve küf sayısı <10 CFU/g) olarak değerlendirilen seviyede iken kurutulmuş çileklere 6.57 ile 7.01 log CFU/g aralığında değişken popülasyonlarda *Salmonella* aşılansak depolama esnasındaki gelişimi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar depolama sırasında *Salmonella*'nın yüksek ozmotik ortam ve düşük pH koşullarında bile, 4°C depolama sıcaklığında altı aya kadar canlı kalabileceğini göstermektedir (Beuchat ve Mann, 2014). Bu sonuçlar kurutma gibi ısı işlem uygulanan ve mikrobiyolojik açıdan güvenli seviyeye kurutulan ürünlere sonrasında olası bir kontaminasyonun önleminin alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlıklı nesiller yetiştirmek, toprağımızı, çiftçimizi ve ülkemizin ekonomisini korumak ancak sürdürülebilir üretim sistemleri ile mümkündür. Gıda krizi ile mücadele edilen günümüz şartlarında, işlemeye uygun ürün seçimi, bu ürünlerin işlenmesi sırasında uygulanacak koşulların araştırılması, en uygun şartlar tespit edildikten sonra üretimin gerçekleştirilmesi ve son üründe tüketime uygunluk açısından kalite analizlerin yapılması bir zorunluluktur. Bu bağlamda organik tarımın yaygınlaştırılması ve bu gıdaların işlenmesiyle üretilen çeşitli organik ürünlerin üretimi desteklenmelidir.

Üretimden sonra taze meyve ve sebzelerin yapıları gereği hassas, yüksek su içeriğine ve düşük raf ömrüne sahip olmaları sebebiyle hasat sonrası teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Kurutma, eskiden beri kullanılan ve diğer yöntemlere kıyasla uygun maliyetli sayılabilecek bir muhafaza yöntemidir. Kurutma işlemi, gıda ürünlerinde bulunan yararlı bileşiklerin uzun süre korunmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu yöntem paketleme, depolama ve nakliye maliyetlerini azaltarak, sezonunda üretilen ürünlere sezon dışı da ulaşabilme imkanı sunmaktadır. Yüksek kalitede kuru gıda üretilmesi için; kurutma süresi kısa, mahsul kayıpları az, yüksek kalitede, hijyenik ve üniform ürün üretimini sağlayacak ön işlem ve mekanik kurutma teknikleri kullanılmalıdır.

Çalışma kapsamında gıdaların kurutulmasında yeni bir ön işlem uygulaması olan CM işleminin kurutulmuş çilek üretimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda yanıt yüzey yöntemi, merkezi karma tasarım modeli kullanılarak dört faktörlü (CM sıcaklığı, süresi, basıncı ve kurutma sıcaklığı) deney tasarımı oluşturulmuştur. Yapılan analizlerin değerlendirilmesi sonucunda kurutma süresi, hue açısı, askorbik asit miktarı ve antioksidan aktivite yanıt olarak belirlenmiştir. Uygulanan CM işlemi sonucunda yapıda meydana gelen değişimler ve kullanılan karbondioksit gazının oksidasyondan kaynaklı bozulmaları azaltması sonucunda, kurutma performansında önemli düzeyde avantaj sağlanmış olup bunun neticesinde kurutma süresi kısılırken ürün kalitesi artmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin oldukça önemli hale geldiği

günümüzde, kurutma süresinin kısılması çevreye salınan atık sıcak havayı ve elektrik tüketimini azaltacaktır. Aynı zamanda kurutma işleminin hızlanması kalite kriterleri açısından etkili olan sıcaklık-süre ikilisinin olumsuz etkilerini de azaltmış; nihai kuru çileklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri taze çileğe benzer bulunmuştur.

Çalışmada çileklerin endüstriyel olarak kurutulmasında alt yapı bilgileri oluşturulmuş ve uygulanan ön işlem sayesinde kuruma süresi kısaltılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır. Sonuçlar hem yarı kuru hem de tam kuru ürünlerde kurutma sıcaklığı, CM basıncı, CM sıcaklığı ve CM süresinin optimum parametrelerinin sırasıyla 64.8 °C, 0.35 MPa, 4.2 °C ve 4 saat olduğunu göstermiştir. Kuruma süresi açısından, CM ön işlemi ile havayla kurutma, CM'siz kurutma işlemine göre tam kuru ürünlerde % 31.5, yarı kuru ürünlerde % 7.5 avantaj sağlamıştır. CM bazı renk parametrelerini (L* ve hue açısı) önemli ölçüde artırırken, kontrol örneklerine göre esmerleşme indeksini azaltmıştır. CM ile muamele edilmiş çileklerin askorbik asit içeriği ve antioksidan aktivitesi önemli derecede korunmuştur ve dokusal özellikleri kontrol örneklerine kıyasla daha yumuşak bulunmuştur. Bununla birlikte pH, titrasyon asitliği ve su tutma kapasitesindeki farklılıkların önemsiz olduğu görülmüştür.

Kurutulmuş ve yarı kurutulmuş çilek örnekleri üzerinde depolama sürecinin etkilerinin belirlenmesine yönelik altı ay boyunca farklı koşullarda depolama yapılmış ve kurutulmuş çileklerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Kurutma işlemi ile taze çileğin sahip olduğu mikrobiyal yük azalmaktadır. Hem tam kuru hem de yarı kuru ürünlerin mikrobiyal yükleri taze çilekten istatistiksel olarak önemli seviyede daha az bulunmuştur. Depolama süresi boyunca farklı paketleme çeşitlerinin etkisi incelenmiş ve paketler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Azot gazı altında muhafaza edilen tüm örnekler, mikrobiyal yük, renk, askorbik asit içeriği, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite gibi kalite parametreleri açısından vakum paketlenen ve ağzı kapalı ambalajlarda saklanan örneklerle göre daha başarılı bulunmuştur. Depolama sıcaklıkları arasında tam kuru ürünler için istatistiksel olarak çoğu örnekte farklılık bulunmasa da yarı kuru ürünler için

depolama sıcaklığı önemlidir. 4°C depolama sıcaklığına sahip örnekler yukarıda belirtilen kalite parametreleri açısından oda sıcaklığında saklanan numunelere kıyasla daha başarılı olmuştur. Depolama süresince optimum şartlar altında yapılan kurutmalar ve kontrol kurutmalar arasında istatistiksel olarak önemli fark tespit edilmemiştir.

Çalışmanın maliyet hesabı yapılacak olursa; kullanılan CM tankı oda sıcaklığından optimum CM sıcaklığı olan 4.2 °C'ye 30 dakikada düşürmektedir. Optimizasyon sonucuna göre çileklerin kurutulmadan önce 4 saat CM tankında tutulması gerektiği için toplam enerji gerektiren süre 4.5 saattir. Kullanılan bekletme tankı soğutma işlemini buz dolabı kompresörü ile sağlamaktadır. 4.5 saatte tükettiği enerji yaklaşık olarak 300 W hesaplanmıştır. CM uygulaması için karbondioksit gazı kullanılmış ve satın alınan sanayi tipi gaz tankından CM tankına gaz aktarımı sağlanmıştır. Bir tam dolu karbondioksit tüpü ile optimum basınçta kullanılan CM tankı 40 kez kullanılabilir. Kullanılan CM tankı içerisine maksimum 12 kg taze çilek alabilmektedir. Kurutma için kullanılan fırının enerji maliyeti ise, üretici firmanın verdiği bilgiler neticesinde 13.2 kW/sa elektrik tüketimi olarak kabul edilmiştir. Ayrıca Cam vd., (2018) ve Motevali vd., (2011), yaptıkları çalışmada sıcak hava kurutma fırının tükettiği enerjiyi aşağıdaki denklemi (5.1) kullanarak hesaplamıştır.

$$E_t = A_k \cdot V_a \cdot \rho_a \cdot C_p \cdot \Delta T \cdot t \quad \text{denklem (5.1)}$$

E_t ; Enerji tüketimi (kcal/s), A_k ; kurutma alanı (m²), V_a ; hava hızı (m/s), ρ_a ; hava yoğunluğu (kg/m³), C_p ; havanın özgül ısısı (kcal/kg/°C), ΔT ; sıcaklık farkı (°C), t ; süre (s).

Denkliğin kullanılması ile hesaplanan elektrik tüketimi sonucu firmadan alınan sonuçtan daha düşük çıkmış, enerji tüketimi saatte 9.13 kW olarak hesaplanmıştır. CM ile kısalan kuruma süresi 90 dakika (1.5 saat) avantaj sağlamıştır. 1.5 saatte fırının tüketeceği elektrik 13.69 kW (formül) ile 19.8 kW (üreticinin verdiği tüketim verisi) kurutma döngüsü başına enerji tasarrufu sağlayacaktır. Ayrıca kuruma süresinin kısalması ile kullanılan kurutma fırınının

tekrar kullanılabilirliği artacağı için, bir günde üretilebilecek kuru ürün miktarı da artacaktır. Kurutma fırınının 24 saat aralıksız çalıştığı varsayılırsa, bir günde üretilebilecek ürün miktarı 5.05 döngü yerine 7.38 döngüye çıkacaktır. Arada 2 döngüden biraz daha fazla fark oluşacak, bu da günlük 28 ile 40 kW arasında tasarruf sağlayacaktır. Enerji sarfiyatındaki avantaj işçilik maliyeti ve kira gideri gibi bazı gider kalemlerini azaltmanın yanı sıra günlük üretim kapasitesini artıracaktır. CM işleminin gerektirdiği sürenin dezavantaj olarak görülmesi başlangıçta yapılacak ilk kurutma için doğrudur. Ancak bu sorun yapılacak planlı çalışma ile CM tankından çıkan örneklerin bekletilmeden kurutulması ve ürünler kururken yeni örneklerin CM tankına konulması ile çözülecektir. Yapılan CM ve kurutma çalışmaları neticesinde ileride geliştirilmesi hedeflenen hususlardan bir tanesi CM ve kurutma fırınının tepsilerinin birbirine uyumlu olarak tasarlanmasıdır. Aynı zamanda kurutma öncesi uygulanacak ön işlem için farklı gazlar denenerek işlemlerin fiyat/performansları karşılaştırılmalıdır. CM işleminin kurutma prosesinde uygulandığı sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu yöntemin etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi ve geliştirilebilmesi için farklı materyaller ile yapılacak daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Özetle; çilek dilimlerinin daha kısa sürede kurutularak ekonomik avantaj elde edilmesi, besin değeri mümkün olan en iyi derecede korunmuş kurutulmuş çilek eldesi, taze çilek rengine en yakın kırmızı renkte ürün üretilmesi ve bu ürünün “Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği”ne uygun mikrobiyel yük içeren en uzun raf ömrüne sahip olması için 3.54 bar basınç, 4.2°C CM sıcaklığı, 4 saat süre ile CM ön işlemi uygulanarak ve 64.8 °C sıcaklıkta % 10 nem, 0.6 aw değerin altına kadar kurutulması tavsiye edilmektedir. Kurutulan tam kuru ürünlerin azot gazı altında muhafaza edilmesi önerilmektedir fakat depolama sıcaklıkları arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığından oda sıcaklığında depolanabilir. Ancak yarı kuru örneklerin 4°C sıcaklıkta ve azot gazı altında muhafaza edilerek depolanması başlangıç renginin, askorbik asit ve antioksidan madde miktarının korunması için önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aaby, K., Skrede, G., ve Wrolstad, R.E. 2005. Phenolic Composition and Antioxidant Activities in Flesh and Achenes of Strawberries (*Fragaria Ananassa*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(10), 4032–4040. <https://doi.org/10.1021/jf048001>
- Abano, E.E., Ma, H., Qu, W., 2011. Influence of air temperature on the drying kinetics and quality of tomato slices. Journal of Food Processing and Technology, 2(123), 1-9.
- Akpınar, E.K., 2005. Experimental Investigation of Convective Heat Transfer Coefficient of Various Agricultural Products under Open Sun Drying. International Journal of Green Energy, 1(4), s.429-440.
- Alenyorege, E. A., Ma, H., Aheto, J. H., Agyekum, A. A., ve Zhou, C. 2020. Effect of Sequential Multi-Frequency Ultrasound Washing Processes on Quality Attributes and Volatile Compounds Profiling of Fresh-Cut Chinese Cabbage. Lwt, 117(September 2019), 108666. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108666>
- Alibaş, I. 2012. Microwave Drying of Strawberry Slices and the Determination of the Some Quality Parameters. In Journal of Agricultural Machinery Science) 2012 (3).
- Alonzo-Macías, M., Cardador-Martínez, A., Mounir, S., Montejano-Gaitán, G., ve Allaf, K. 2013. Comparative Study of the Effects of Drying Methods on Antioxidant Activity of Dried Strawberry (*Fragaria* Var. Camarosa). Journal of Food Research, 2(2), 92. <https://doi.org/10.5539/jfr.v2n2p92>
- Alonzo-Macías, M., Montejano-Gaitán, G., ve Allaf, K. 2014. Impact of Drying Processes on Strawberry (*Fragaria* var. Camarosa) Texture: Identification of Crispy and Crunchy Features by Instrumental Measurement. Journal of Texture Studies, 45(3), 246–259. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12070>
- An, K., Wei, L., Fu, M., Cheng, L., Peng, J., ve Wu, J. 2020. Effect of Carbonic Maceration (CM) on the Vacuum Microwave Drying of Chinese Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Slices: Drying Characteristic, Moisture Migration, Antioxidant Activity, and Microstructure. Food and Bioprocess Technology, 13(9), 1661–1674. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02504-y>
- An, K., Wu, J., Tang, D., Wen, J., Fu, M., Xiao, G., ve Xu, Y. 2018. Effect of Carbonic Maceration (CM) on Mass Transfer Characteristics and Quality Attributes of Sanhua Plum (*Prunus Salicina* Lindl.). LWT, 87, 537–545. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.09.032>

- Anonim, 2005. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Organik Tarım Kanunu ve Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik, Ankara, s.3
- Anonim, 2020. Trade Map Dünya ticaret verileri. Erişim Tarihi: 05.12.2021. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Anonim, 2021. Minitab, Multiple Regression Analysis: Use Adjusted R-Squared and Predicted R-Squared to Include the Correct Number of Variables. <https://blog.minitab.com/en/adventures-in-statistics-2/multiple-regression-analysis-use-adjusted-r-squared-and-predicted-r-squared-to-include-the-correct-number-of-variables#:~:text=What%20Is%20the%20Predicted%20R,valid%20predictions%20for%20new%20observations>
- Anonim, 2022. Çilek Hastalıkları ve Zararlıları ile Mücadele. Erişim Tarihi: 01.04.2022. <https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici/Bilgi/Kosesi/Dokumanlar/cilek.pdf>
- Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M., and Mitchell, A.E. 2003. Comparison of the Total Phenolic and Ascorbic Acid Content of Freeze-Dried and Air-Dried Marionberry, Strawberry, and Corn Grown Using Conventional, Organic, and Sustainable Agricultural Practices. J Agric Food Chem, 51 (5):1237-1241.
- Asioli, D., Rocha, C., Wongprawmas, R., Popa, M., Gogus, F., ve Almlı, V. L. 2019. Microwave-Dried or Air-Dried? Consumers' Stated Preferences and Attitudes for Organic Dried Strawberries. A Multi-Country Investigation in Europe. Food Research International, 120, 763-775. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.037>
- Atasay, A., ve Türemiş, N., 2008. Eğirdir (Isparta) Koşullarında Organik Çilek Yetiştiriciliğinin Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18 (3), s. 72-81
- AOAC, 1998. Official Method of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y., ve González-Aguilar, G. A. 2004. Effect of Storage Temperatures on Antioxidant Capacity and Aroma Compounds in Strawberry Fruit. LWT Food Science and Technology, 37(7), 687-695. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.03.002>
- Balcı, G., Demirsoy, H., 2006. Klasik ve Organik Çilek Yetiştiriciliğinin Verim ve Kalite Açısından Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 14-16 Eylül. Tokat, 94-99.

- Balcı, G., Koç, A., Keleş, H., Kılıç, T. 2017. Yozgat Koşullarında Bazı Çilek Çeşitlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 4 (2), 6-12.
- Baloch, W.A., Khan, S., Baloch, A.K., 1997. Influence of Chemical Additives on the Stability of Dried Tomato Powder. International Journal of Food Science and Technology, 32(2), 117-120.
- Bayarı, C.S., Kurttaş, T., Tezcan, L., 1998. Çevresel İzotoplar ve Üç Boyutlu Yerinde Yoğunluk Ölçümleri. Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, 2-6 Kasım, Ankara, 104-106.
- Beuchat, L. R., ve Mann, D. A. 2014. Survival of Salmonella on Dried Fruits and in Aqueous Dried Fruit Homogenates as Affected by Temperature. Journal of Food Protection, 77(7), 1102–1109. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-549>
- Bridle, P., Garcia-Viguera, C., 1997. Analysis of Anthocyanins in Strawberries and Elderberries. A Comparison of Capillary Zone Electrophoresis and HPLC. Food Chem., 59(2). s.299-304.
- Brumfield, R.G., Rimal, A., and Reiners, S., 2000. Comparative Cost Analyses of Conventional, Integrated Crop Management, and Organic Methods. HortTechnology, 10(4):785-793.
- Brown, H.E., Meredith, F.I., Saldama, G., Stephens, T.S., 1970. Freeze Peeling Improves Quality of Tomatoes. Journal of Food Science, 35(4). s. 485-488.
- Buchner, N., Krumbein, A., Rohn, S., ve Kroh, L. 2006. Effect of Thermal Processing on the Flavonols Rutin and Quercetin. Rapid Communications in Mass Spectrometry : RCM, 20, 3229–3235. <https://doi.org/10.1002/rcm.2720>
- Cantemur M.H., 2021. Konya İli Hüyük İlçesinde Organik ve Konvansiyonel Olarak Yetiştirilen Çileklerin Meyve Kalite Kriterlerinin ve Ağır Metal İçeriklerinin Kıyaslanması Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. (Yayınlanmamış).
- Cam, I. B., Basunal Gulmez, H., Eroglu, E., ve Topuz, A. 2018. Strawberry Drying: Development of a Closed-Cycle Modified Atmosphere Drying System for Food Products and the Performance Evaluation of a Case Study. Drying Technology, 36(12). s.1460–1473. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1409233>
- Carvalho, C., Thomas, H.L., Balogun, K., Tedder, R., Pebody, R., Ramsay, M., Ngui, S.L. 2012. “A Possible Outbreak of Hepatitis A Associated With Semi-dried Tomatoes”. Eurosurveillance, 17(6).

- Cernîșev, S., 2010. Effects of conventional and multistage drying processing on non-enzymatic browning in tomato. *Journal of Food Engineering*, 96(1). s. 114-118.
- Cheng, X. F., Zhang, M., ve Adhikari, B. 2014. Effect of Ultrasonically Induced Nucleation on the Drying Kinetics and Physical Properties of Freeze-Dried Strawberry. *Drying Technology*, 32(15). s.1857–1864. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.952741>
- Conti, S., Villari, G., Faugno, S., Melchionna, G., Somma, S., ve Caruso, G. 2014. Effects of Organic vs. Conventional Farming System on Yield and Quality of Strawberry Grown as an Annual or Biennial Crop in Southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 180, s.63–71. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.015>
- Contreras, C., Martín-Esparza, M. E., Martínez-Navarrete, N., ve Chiralt, A. 2007. Influence of Osmotic pre-treatment and Microwave Application on Properties of air Dried Strawberry Related to Structural Changes. *European Food Research and Technology*, 224(4). s.499–504. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0345-6>
- Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, M. A., Vázquez-Odériz, M. L. 2012. Color, Anthocyanin Pigment, Ascorbic Acid and Total Phenolic Compound Determination in Organic versus Conventional Strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1), 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.004>
- Da Silva, F. L., Escribano-Bailón, M. T., Pérez, Alonso, J. J., Rivasgonzalo, J.C., Santos-Buelga, C., 2007. Anthocyanin Pigments in Strawberry. *LWT-Food Science and Technology*, 40(2). s.374-382.
- de Bruijn, J., Rivas, F., Rodriguez, Y., Loyola, C., Flores, A., Melin, P., ve Borquez, R. 2016. Effect of Vacuum Microwave Drying on the Quality and Storage Stability of Strawberries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5). s.1104–1115. <https://doi.org/10.1111/JFPP.12691>
- Demiray, E., Tulek, Y., Yilmaz, Y. 2013. Degradation Kinetics of Lycopene, β -carotene and Ascorbic Acid in Tomatoes During Hot Air Drying. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 172–176. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.001>
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., ve Sahin, S. 2010. Rheological Properties of Gluten-free Bread Formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2), 295–303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>
- Diamante, L., Durand, M., Savage, G., ve Vanhanen, L. 2010. In *International Food Research Journal*.

- Dorman, H.J.D., Peltoketo, A., Hiltunen, R., Tikkanen, M.J., 2003. Characterisation of the Antioxidant Properties of the-Odourised Aqueous Extracts from Selected Lamiaceae Herbs. *Food Chemistry*, 83(2), 255-262.
- Doymaz, I. 2008. Convective Drying Kinetics of Strawberry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(5). s.914–919. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2007.02.003>
- El-Beltagy, A., Gamea, G. R., ve Essa, A. H. A. 2007. Solar Drying Characteristics of Strawberry. *Journal of Food Engineering*, 78(2). s.456–464. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.015>
- Erenoğlu, B., Ergun ME, Özdemir, E., Pırlak, L., 2000. Beş Yıllık Kalkınma Planı. Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu, Meyvecilik Grubu, Çilek ve Diğer Üzümsü Meyveler Raporu, Yalova. s.54.
- Ersoy, N. 2011. Organik ve Konvansiyonel Olarak Yetiştirilen “Camarosa” Çilek Çeşidinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri ve Antioksidan Kapasiteleri Some Physico-chemical Properties and Antioxidant Capacities of organically and conventionally cultivated strawberry 'Camarossa. www.ziraat.selcuk.edu.tr/ojs
- Ertekin, C., Gozlekci, S., Heybeli, N., Gencer, A., Adak, N., ve Sengul, B. 2014. Drying of Strawberries with Infrared Dryer. In *AgEng. Zurich*. www.eurageng.eu
- FAO, 2020. <https://www.atlasbig.com/tr/ulkelerin-cilek-uretimi> [Erişim tarihi: 11.07.2021].
- FiBL and IFOAM 2017. The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends 2014, <https://www.fibl.org/> . Erişim Tarihi: 15.09.2014.
- Flanzy, C., Flanzy, M., Benard, P., 1987. La Vinification par Macération Carbonique. INRA, s.125, Paris.
- Floros, J.D., Chinnan, M.S., 1989. Determining the Diffusivity of Sodium Hydroxide Through Tomato and Capsicum Skins. *Journal of Food Engineering*, 9(2), 129-141.
- Gamboa-Santos, J., Megías-Pérez, R., Soria, A. C., Olano, A., Montilla, A., Villamiel, M. 2014. Impact of Processing Conditions on the Kinetic of Vitamin C Degradation and 2-furoylmethyl Amino Acid Formation in Dried Strawberries. *Food Chemistry*, 153, 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.004>

- Geçer, M. K., Gündoğdu, M., ve Başar, G. 2018. Bazı Çilek Çeşitlerinin Merzifon (Amasya) Ekolojisindeki Verim Durumlarının Tespiti. Journal of the Institute of Science and Technology, s.11-15. <https://doi.org/10.21597/jist.427752>
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B. and Battino, M., 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutrition, 28(1). s.9-19.
- Gould, W.A., 1983. Tomato prouction, processing and quality evaluation. AVI Publishing Company Inc., s.536, Westport.
- Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B., Montilla-Gómez, J. 1992. Determination of Hydroxymethylfurfural in Baby Cereals by High Performance Liquid Chromatography. Journal of Liquid Chromatography, 15(14). s.2551-2559. <https://doi.org/10.1080/10826079208017201>
- Gunness, P., Kravchuk, O., Nottingham, S.M., D'Arcy, B.R., Gidley, M.J. 2009. Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental analysis, Postharvest Biology and Technology, Pages 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.11.006>
- Gündüz, M. -Koç, D., 2001, "Türkiye'de Organik Tarım Ürünleri İhracatının Dünü, Bugünü ve Geleceği", Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu, 14-16 Kasım 2001, Antalya, s.30-36.
- Hancock, J.F., Scott, D.H., Lawrence, F.J., 1996. Strawberries. Fruit Breeding: Vine and Small Fruits. John Wiley ve Sons, Inc., New York, 2:419-470. 477p.
- INC, 2017. Nuts and Dried Fruits Statictical Yearbook 2017/2018. International Nut and Dried Fruit Council, 76s, Spain.
- Karaaslan, S., ve Balta, A. 2014. Determination of Suitable Drying Model for Combined Microwave-Fan Assisted Convection Drying of Strawberry. In Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences www.turkjans.com
- Kassem, A. S., Shokr, A. Z., El-Mahdy, A. R., Aboukarima, A. M., ve Hamed, E. Y. 2011. Comparison of Drying Characteristics of Thompson Seedless Grapes Using Combined Microwave Oven and Hot Air Drying. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 10(1), 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.05.001>
- Kelebek, Hasim ve Selli, Serkan. 2011. Characterization of Phenolic Compounds in Strawberry Fruits by RP-HPLC-DAD and Investigation of Their Antioxidant Capacity. Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies. 34. 2495-2504. 10.1080/10826076.2011.591029.

- Kılıçel İ., 2005. Bazı Çilek Çeşitlerinin Van Ekolojik Koşullarında Fide Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. (Yayınlanmamış).
- Koç, B. ve Kaymak-Ertekin, F. 2010. Response Surface Methodology and Food Processing Applications.
- Lammerskitten, A., Wiktor, A., Mykhailyk, V., Samborska, K., Gondek, E., Witrowa-Rajchert, D., Toepfl, S., ve Parniakov, O. (2020). Pulsed Electric Field Pre-Treatment Improves Microstructure and Crunchiness of Freeze-Dried Plant Materials: Case of Strawberry. LWT, 134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110266>
- Laugale, V., and Bite, A. 2006. Fresh and Processing Quality of Different Strawberry Cultivars for Latvia.
- Lester, G.E., and R.A. Saftner. 2008. Marketable quality and phytonutrient concentrations of a novel hybrid muskmelon intended for the fresh-cut industry and its parental lines: Whole-fruit comparisons at harvest and following long-term storage at 1 or 5 °C. Postharvest Biol. Technol. 48:248–253. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.10.009.
- Levaj, B. Bursać Kovačević, D., Bituh, M., Dragovic-Uzelac, V. 2012. 'Influence of Jam Processing Upon the Contents of Phenolics and Antioxidant Capacity in Strawberry fruit (*Fragaria ananassa* × *Duch.*)', Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam, 7, str. 18-22. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/82765> (Datum pristupa: 15.07.2022.)
- Lewicki, P.P., Vu Le, H., Pomarańska-Łazuka, W., 2002. Effect of Pre-Treatment on Convective Drying Of Tomatoes. Journal of Food Engineering, 54(2), 141-146.
- Liu, L., Wang, Y., Zhao, D., An, K., Ding, S., Wang, Z. 2014. Effect of Carbonic Maceration Pre-treatment on Drying Kinetics of Chilli (*Capsicum annuum* L.) Flesh and Quality of Dried Product. Food and Bioprocess Technology, 7(9), 2516–2527. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1253-6>
- Leonard, S., Winter, F., 1974. Pilot Application of Freeze-Heat Peeling of Tomatoes. Journal of Food Science, 39(1), 162-165.
- Lukton, A., Chichester, C.O., and Mackiney, G., 1955. Characterization of a Second Pigment in Strawberries. Nature, 176(4486).s.790.
- Mahmood, T., F. Anwar, M. Abbas, M. C. Boyee., N. Saari. 2012. Compositional variation in sugars and organic acids at different stages in selected small fruits from Pakistan. Int. J. Mol. Sci. 13. s.1380-1392.
- Manfredi, M., and Vignali, G. 2015. Comparative Life Cycle Assessment of Hot Filling and Aseptic Packaging Systems Used for Beverages. Journal of Food Engineering, 147, 39-48.

- Maslorova, N.V.Y., 2001. Inhibiting Oxidation. In J. Pokorny, N. Yanishlieva, and M. Gordon (eds), Antioxidants in food. CRC Press, USA.
- Meyer, A.S., Suhr, K.I., and Nielsen, P., 2000. Natural Food Preservatives. In T. Ohlsson and N. Bengtsson (eds), Minimal Processing Technologies in the Food Industry. CRC Press, USA, 234p.
- Mezzetti, B., Giampieri, F., Zhang, Y.T. and Zhong, C.F., 2018. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. Journal of Berry Research, 8(3), s.205-221.
- Minh, N. P., Phu, N., Nhan, T., Trinh, T. K., Huy, N. M., and Khoi, T. D. 2019. Effect of Blanching , Drying and Storage to Cinnamic Acid and Antioxidant Activity on Dried Strawberry (*Fragaria*). 11(3), 2019.
- Minolta. (1998). Precise color communication: color control from perception to instrumentation. Sakai.
- Motevali, A., Minaei, S., ve Khoshtagaza, M. H. 2011. Evaluation of energy consumption in different drying methods. Energy Conversion and Management, 52(2), 1192–1199. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.09.014>
- Nunes, M. C. N., ve Delgado, A. 2014. Quality of organic compared to conventionally grown strawberries at the retail level. Acta Horticulturae, 1049, 723–730. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1049.113>
- Olorunda, A.O., Aworh, O.C., Onuoha, C.N., 1990. Upgrading Quality of Dried Tomato: Effects of Drying Methods, Conditions and Pre-Drying Treatments. Journal of the Science of Food and Agriculture, 52(4), 447-454.
- Ornelas-Paz, J. D. J., Yahia, E. M., Ramírez-Bustamante, N., Pérez-Martínez, J. D., Escalante-Minakata, M. D. P., Ibarra-Junquera, V., Acosta-Muñiz, C., Guerrero-Prieto, V., Ochoa-Reyes, E. 2013. Physical Attributes and Chemical Composition of Organic Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at Six Stages of Ripening. Food Chemistry, 138(1). s.372–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.006>
- Özay, G., Pala, M., Saygı, B. 1993. Bazı Gıdaların Su Aktivitesi (a_w) Yönünden incelenmesi, Gıda, 18 (6), s:377-383.
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G.V., Welte-Chanes, J., Swanson, B.G., 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. Journal of food science, 64(1), s.42-45.

- Phuoc Minh, N., Phu Thuong Nhan, N., Kieu Trinh, T., Minh Huy, N., Dinh Khoi, T., Truong Son, L. 2019. Effect of Blanching, Drying and Storage to Cinnamic Acid and Antioxidant Activity on Dried Strawberry (*Fragaria*). Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 11(3), 1021–1024.
- Piotrowski, D., Kostyra, E., Grzegory, P., ve Janiszewska-Turak, E. 2021. Influence of Drying Methods on the Structure, Mechanical and Sensory Properties of Strawberries. European Food Research and Technology, 247(8), 1859–1867. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03682-5>
- Poyraz Engin, S., ve BOZ., Y. 2019. Ülkemiz Üzümü Meyve Yetiştiriciliğinde Son Gelişmeler. In IJAAES International Journal of Anatolia Agricultural Engineering (1).
- Prosapio, V., and Norton, I. 2017. Influence of Osmotic Dehydration pre-treatment on Oven Drying and Freeze Drying Performance. LWT, 80, 401–408. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.012>
- Prosapio, V., Norton, I., ve de Marco, I. 2017. Optimization of Freeze-Drying Using a Life Cycle Assessment Approach: Strawberries' Case Study. Journal of Cleaner Production, 168, 1171–1179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.125>
- Rababah, T. M., Ereifej, K. I., and Howard, L. 2005. Effect of Ascorbic Acid and Dehydration on Concentrations of Total Phenolics, Antioxidant Capacity, Anthocyanins, and Color in Fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(11), 4444–4447. <https://doi.org/10.1021/jf0502810>
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. Free Radic Biol Med. 1999. ;26(9-10):1231-7. doi: 10.1016/s0891-5849(98)00315-3. PMID: 10381194.
- Rongtong, B., Suwonsichon, T., Ritthiruangdej, P., ve Kasemsumran, S. 2018. Determination of Water Activity, Total Soluble Solids and Moisture, Sucrose, Glucose and Fructose Contents in Osmotically Dehydrated Papaya using Near-Infrared Spectroscopy. Agriculture and Natural Resources, 52(6), 557–564. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.11.023>
- Shaw, D. V., and Larson, K. D., 2009. U.S. Patent No. PP19,767. Washington, DC:U.S. Patent and Trademark Office.
- Schlimme, D.V., Corey, K.A., and Frey, B.C.1984. Evaluation of Lye and Steam Peeling Using Four Processing Tomato Cultivars. Journal of Food Science, 49(6), 1415-1418.

- Shi, J., Maguer, M.L., Wang, S.L., and Liptay, A., 1997. Application of Osmotic Treatment in Tomato Processing—Effect of Skin Treatments on Mass Transfer in Osmotic Dehydration of Tomatoes. *Food Research International*, 30(9), 669-674.
- Shi, J., Maguer, M.L., Kakuda, Y., Liptay, A., and Niekamp, F. 1999. Lycopene Degradation and Isomerization in Tomato Dehydration. *Food Research International*, 32(1), 15-21.
- Shih, C., Pan, Z., Mchugh, T., Wood, D., and Hirschberg, E. 2008. *Sirfdmpcs*. 51(1999), 205–216.
- Skrede, G. 1980. Strawberry Varieties for Industrial Jam Production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31(7), 670–676. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740310710>
- Sun, J., Yi-Fang, C., and Xianzhong, W. 2002. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Edible Nut Seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.07.007>
- Tan, F., Canbolat, A. S., Yüce, B. E., and Türkan, B. 2016. Experimental and Numerical Investigation of Strawberry Drying. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 21(1), 205. <https://doi.org/10.17482/uuife.82450>
- Tao, H.Y. 2013. Effect of Different Pretreatments on Drying Characteristics and Product Quality of Red Grapes. [Master's Thesis] Beijing: China Agricultural University.
- TEPGE. 2021. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge> (Erişim tarihi: 20.05.2022)
- TOB. 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler> (Erişim tarihi 11.04.2022)
- Toor, R.K., ve Savage, G.P. 2006. Effect of Semi-Drying on the Antioxidant Components of Tomatoes, *Food Chemistry*, 94: 90-97.
- Tosun, H., Kaya, B., 2010. Organik Gıdalarda Gıda Güvenliği. *Electronic Journal of Food Technologies*, 5(2). s.48-58.
- Tunç, İ., Çalışkan, F., Özkan, G., Karacabey E. 2014. Mikrodalga Destekli Soxhlet Cihazı ile Fındık Yağı Ekstraksiyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu. *Akademik Gıda*. 12(1). s.20-28 <http://www.academicfoodjournal.com>

- Turgut, S. S., Küçüköner, E., Karacabey, E. 2018. Influence of Carbonic Maceration Pre-treatment on Functional Quality of Dried Tomato Quarters. *Food and Bioprocess Technology*, 11(10). s.1818–1827. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2145-y>
- Turgut, S., Küçüköner, E., and Karacabey, E. 2018. Improvements in Drying Characteristics and Quality Parameters of Tomato by Carbonic Maceration Pretreatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13282>
- Türemiş, N. ve Ağaoğlu, Y. S. 2013. Çilek. Üzümsü Meyveler, Editörler: Ağaoğlu, S. ve Gerçekcioğlu R., , Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, Ankara, s. 57-120.
- Tylewicz, U., Mannozi, C., Romani, S., Castagnini, J. M., Samborska, K., Rocculi, P., and Dalla Rosa, M. 2019. Chemical and Physicochemical Properties of Semi-Dried Organic Strawberries Enriched with Bilberry Juice-Based Solution. *LWT*, s.114. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108377>
- ÜİB. 2017. Meyve ve Sebze Mamülleri Sektörü Pazar Araştırması Raporu. Uludağ İhratçı Birlikleri, Bursa.
- USDA, 2010. National Nutrient for Standard References, Release 23. s. 785–7.
- Uysal Seçkin, G., and Taşeri, L. 2015. Semi-Dried Fruits and Vegetables. *Journal of Engineering Sciences*, 21(9), 414–420. <https://doi.org/10.5505/pajes.2015.47560>
- Wang, C., Zhang, L., Qiao, Y., Liao, L., Shi, D., Wang, J., and Shi, L. 2022. Effects of Ultrasound and Ultra-High Pressure Pretreatments on Volatile and Taste Compounds of Vacuum-Freeze Dried Strawberry Slice. *LWT*, 160, 113232. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113232>
- Wang, Y., Tao, H., Yang, J., An, K., Ding, S., Zhao, D., and Wang, Z. 2014. Effect of Carbonic Maceration on Infrared Drying Kinetics and Raisin Qualities of Red Globe (*Vitis vinifera* L.): A New Pre-Treatment Technology Before Drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 462–468. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.09.001>
- Wang, Y., Tao, H., Yang, J., An, K., Ding, S., Zhao, D., and Wang, Z. 2014. Effect of Carbonic Maceration on Infrared Drying Kinetics and Raisin Qualities of Red Globe (*Vitis vinifera* L.): A New Pre-Treatment Technology Before Drying. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 26, 462–468. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2014.09.001>
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., Oszmiański, J. 2014. Effect of Convective and Vacuum-Microwave Drying on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxidant Capacity of Sour Cherries. In *Food and Bioprocess Technology* 7 (3), s. 829–841). <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1130-8>

- Wojdyło, A., Figiel, A., and Oszmiański, J. 2009. Effect of Drying Methods with the Application of Vacuum Microwaves on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxidant Activity of Strawberry Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1337–1343. <https://doi.org/10.1021/jf802507j>
- Xu, B., Chen, J., Sylvain Tiliwa, E., Yan, W., Roknul Azam, S. M., Yuan, J., Wei, B., Zhou, C., and Ma, H. 2021. Effect of Multi-Mode Dual-Frequency Ultrasound Pretreatment on the Vacuum Freeze-Drying Process and Quality Attributes of The Strawberry Slices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105714>
- Yildiz, H., Ercisli, S., Hegedus, A., Akbulut, M., Topdas, E. F., and Aliman, J. 2014. Bioactive Content and Antioxidant Characteristics of Wild (*Fragaria Vesca* L.) and Cultivated Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) Fruits From Turkey. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87, 274–278. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2014.087.038>
- Zhang, L., Liao, L., Qiao, Y., Wang, C., Shi, D., An, K., and Hu, J. 2020 (b). Effects of Ultrahigh Pressure and Ultrasound Pretreatments on Properties of Strawberry Chips Prepared by Vacuum-Freeze Drying. *Food Chemistry*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125386>
- Zhang, L., Qiao, Y., Wang, C., Liao, L., Shi, D., An, K., and Hu, J. 2021. Impact of Ultrasound Combined with Ultrahigh Pressure Pretreatments on Color, Moisture Characteristic, Tissue Structure, and Sensory Quality of Freeze-Dried Strawberry Slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15200>
- Zhang, L., Qiao, Y., Wang, C., Liao, L., Shi, D., An, K., Hu, J., Wang, J., and Shi, L. 2020 (a). Influence of High Hydrostatic Pressure Pretreatment on Properties of Vacuum-Freeze Dried Strawberry Slices. *Food Chemistry*, 331. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127203>
- Zhao, D., Wang, Y., Zhu, Y., and Ni, Y. 2016. Effect of Carbonic Maceration Pre-Treatment on the Drying Behavior and Physicochemical Compositions of Sweet Potato Dried with Intermittent or Continuous Microwave. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/07373937.2016.1138231*, 34(13), 1604–1612. <https://doi.org/10.1080/07373937.2016.1138231>

EKLER

EK A. Fotoğraflar

EK B. Haritalar

EK C. Grafikler



EK A. Fotoğraflar



Şekil A.1. Organik çileklerin hasat edildiği tarlanın genel görünüşü



Şekil A.2. Çileklerin kurutulmasında kullanılan PLC kontrollü kurutucu.



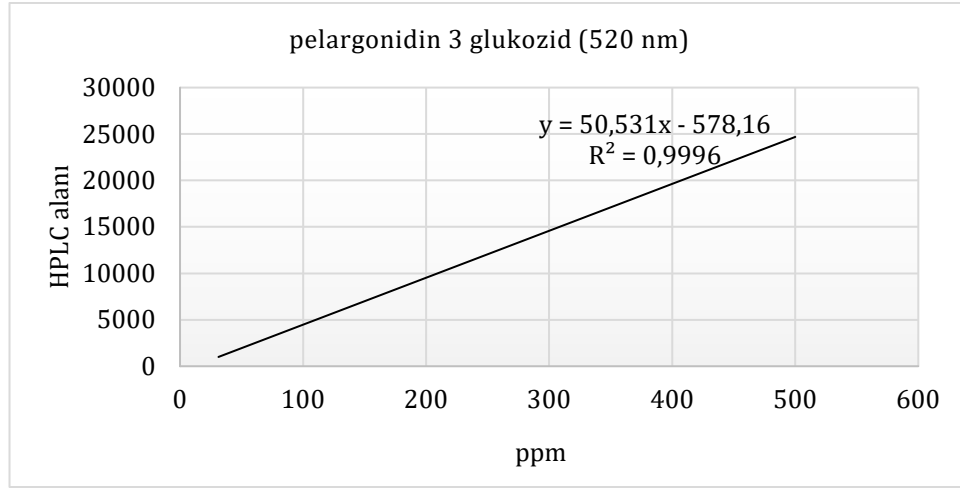
Şekil A.3. Karbonik maserasyon uygulanan sıcaklık ve basınç kontrollü tank.

EK B. Haritalar

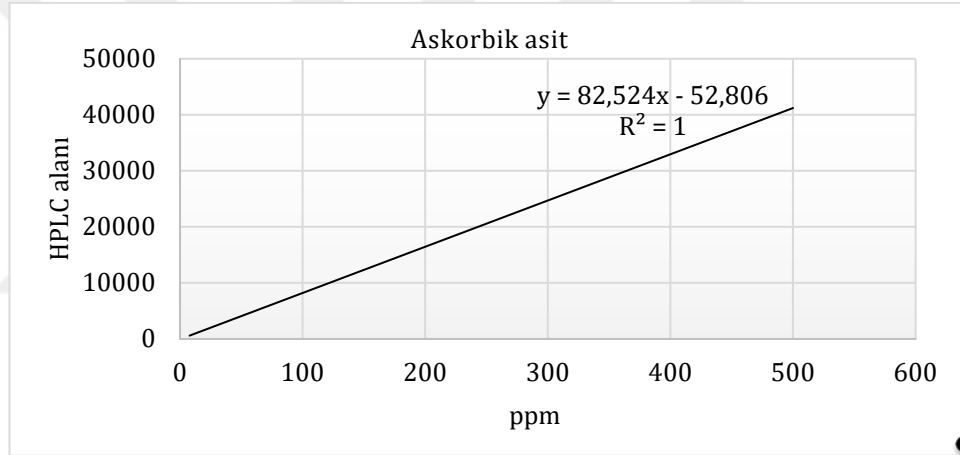


Şekil B.1. Konya ili Albion çeşidi çileklerin yetiştirildiği alanlar (Cantemur. 2021)

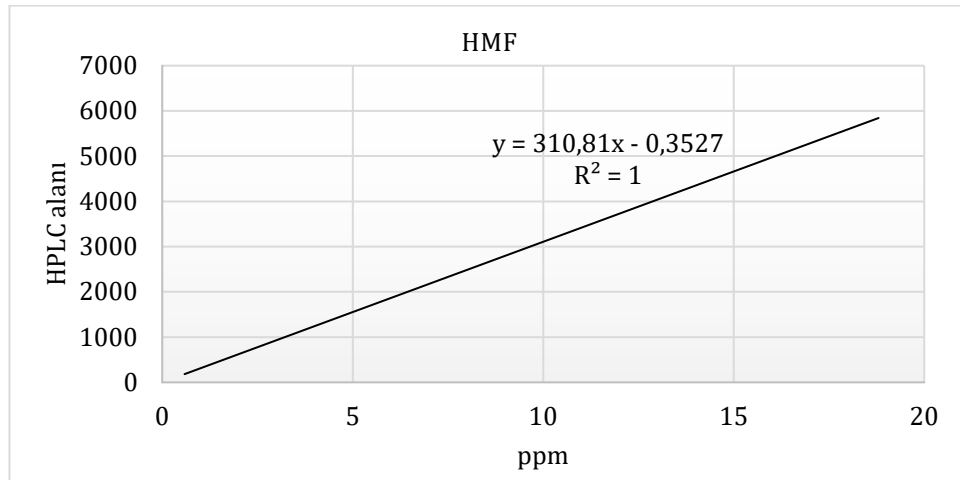
EK C. Kalibrasyon eğrileri



Şekil C.1. Çalışmada kullanılan pelargonidin 3 glukozid standart eğrisi



Şekil C.2. Çalışmada kullanılan askorbik asit standart eğrisi



Şekil C.3. Çalışmada kullanılan HMF standart eğrisi