



**T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MEMBRAN SİSTEMLERİ İLE KONSANTRASYON VE
DEPOLAMA KOŞULLARININ ÇİLEK SUYUNUN BAZI
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Merve Nur KOCATÜFEK

Çorum 2020

**MEMBRAN SİSTEMLERİ İLE KONSANTRASYON VE
DEPOLAMA KOŞULLARININ ÇİLEK SUYUNUN BAZI
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Merve Nur KOCATÜFEK

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. K. Savaş BAHÇECİ**

Çorum 2020

Merve Nur KOCATÜFEK tarafından hazırlanan “Membran Sistemleri İle Konsantrasyon Ve Depolama Koşullarının Çilek Suyunun Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri” adlı tez çalışması .../.../2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İhsan KARABULUT (Başkan)

Prof. Dr. K. Savaş BAHÇECİ (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Nihal GÜZEL (Üye)

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun tarih ve sayılı kararı ile Merve Nur KOCATÜFEK’in Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Prof. Dr. Muhammed Asif YOLDAŞ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

Merve Nur KOCATÜFEK

**MEMBRAN SİSTEMLERİ İLE KONSANTRASYON VE DEPOLAMA
KOŞULLARININ ÇİLEK SUYUNUN BAZI FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Merve Nur KOCATÜFEK

HİTİT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Aralık 2020

ÖZET

Bu çalışmada, çilek suyu berraklaştırılması ve konsantrasyonu aşamalarında membran sistemlerinden yararlanılması üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiş olup ayrıca 4°C ve 22°C sıcaklıklarda 6 ay boyunca depolanan çilek suyu örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özelliklerindeki değişimler de incelenmiştir. Berraklaştırma amacıyla geleneksel jelatin-bentonit uygulaması veya 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı durumunda ürün karakteristikleri açısından benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna karşılık 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ise özellikle fenolik bileşenlerin söz konusu membranda tutulumunun daha fazla gerçekleşmesi dolayısıyla bu bileşenler açısından farklı sonuçlar vermiştir. Çilek suyu konsantrasyonu amacıyla membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve bu iki yöntemin kombine kullanıldığı tümleşik sistem uygulamalarının özellikle HMF oluşumunun engellenmesi, antosiyanin kaybının sınırlandırılması ve buna bağlı renk karakteristiklerinin korunmasında termal evaporasyona kıyasla çok daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. pH, toplam asitlik, şeker gibi özellikler açısından uygulanan konsantrasyon yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık söz konusu değilken, membran sistemleri ile konsantre edilen çilek suyu örneklerindeki askorbik asit parçalanmasının termal evaporasyon yöntemine kullanımına kıyasla daha fazla olduğu saptanmıştır. Buzdolabı koşulları ve oda sıcaklığında depolanan çilek suyu örneklerinde, gerek depolama süresi ve gerekse

depolama sıcaklığının etkisi, incelenen pek çok parametre açısından önemli bulunmuştur. Nitekim depolama süresince toplam flavonoid, toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit gibi bileşenlerde önemli kayıplar söz konusudur. Duyusal değerlendirme sonuçları da depolama süresince renk, tat ve koku noktasında kabul edilebilirliğin azaldığını ortaya koymakta olup depolama sıcaklığının düşük tutulması ürün kalite özelliklerinin daha fazla korunması açısından yararlı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çilek suyu, berraklaştırma, ultrafiltrasyon, konsantrasyon, membran destilasyon, ozmotik destilasyon

**EFFECTS OF CONCENTRATION BY MEMBRANE PROCESSES AND
STORAGE CONDITIONS ON SOME PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES
OF STRAWBERRY JUICE**

Merve Nur KOCATÜFEK

HİTİT UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

December 2020

ABSTRACT

In this study, it was investigated the use of membrane systems in the clarification and concentration of strawberry juice, and examined the changes in some physicochemical properties of the strawberry juice samples stored at 4°C and 22°C for 6 months. During the clarification stage, the traditional gelatine-bentonit application and the use of ultrafiltration membrane with a pore size of 50 kDa showed similar results in terms of product characteristics. On the other hand, ultrafiltration membrane with a pore size of 10 kDa revealed different results especially in terms of phenolic compounds, since these compounds have particularly higher retention rates in such membranes. It was determined that the use of membrane distillation, osmotic distillation, and the integrated system applications combining both methods in order to concentrate strawberry juice were more advantageous than the thermal evaporation especially in terms of preventing the HMF formation, limiting the loss of anthocyanin and preserving the color characteristics. There were no significant difference between the concentration methods regarding the properties such as pH, total acidity, and sugar. However, it was determined that the ascorbic acid degradation in strawberry juice samples concentrated by membrane systems was higher than the samples concentrated by thermal evaporation. Either the effects of storage time or the storage temperature on strawberry juice samples stored at refrigerator conditions and at room temperature

were found to be important in terms of many parameters investigated. As a matter of fact, there were significant losses in components such as total flavonoid, total monomeric anthocyanins and ascorbic acid during storage. Furthermore, the results of the sensory evaluation showed a decrease in the acceptability for color, taste, and odor. Consequently, the storage temperature should be kept lower in order to preserve the quality properties of the product more efficiently.

Keywords: Strawberry juice, clarification, ultrafiltration, concentration, membrane distillation, osmotic distillation

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın tüm aşamalarında desteklerini esirgemeyip fedakârlık gösteren, her zaman yanımda olarak zengin bilgi birikimi ve kıymetli görüşleri ile beni yönlendiren, geliştiren ve bakış açımı genişleten danışman hocam Sayın Prof. Dr. K. Savaş BAHÇECİ'ye,

Desteklerini her zaman hissettiren kıymetli bölüm hocalarım Sayın Prof. Dr. Bülent KABAK, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nihal GÜZEL, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nedim ALBAYRAK ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY'a,

Bu süreçte yardımlarını esirgemeyen tüm araştırma görevlileri, idari ve teknik personele,

Çalışmalarımda yanımda olup her konuda destek olan başta Kübra Elif ÖZKALELİ olmak üzere arkadaşlarıma,

Her zaman hissettirdikleri maddi manevi desteklerinden ve bu süreçte her zaman arkamda durmalarından ötürü annem Hacer KOCATÜFEK, babam Tuncay KOCATÜFEK ve kardeşim Betül KOCATÜFEK'e,

Tüm zorluklarda daima yanımda olup desteklerini eksik etmeyen değerli insan, arkadaş ve akrabalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasında, MUH19004.19.003 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı, Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Berrak Çilek Suyu Üretimi ve Konsantrasyonu.....	21
3.3. Depolama Çalışmaları.....	25
3.4. Fizikokimyasal Analizler.....	25
3.4.1. Suda çözünür kuru madde tayini.....	25
3.4.2. pH analizi.....	26
3.4.3. Toplam asitlik tayini.....	26
3.4.4. Toplam fenolik madde analizi.....	26
3.4.5. Toplam flavonoid analizi.....	27
3.4.6. Antosiyanin analizi.....	28
3.4.7. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini.....	29
3.4.8. Askorbik asit analizi.....	30

Sayfa

3.4.9. Antioksidan aktivite analizi.....	31
3.4.10. Renk analizi.....	32
3.4.11. HMF analizi.....	33
3.4.8. Şeker analizi	34
3.5. Duyusal Analizler.....	35
3.5. İstatistiksel Analizler.....	36
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	37
4.1. Farklı Berraklaştırma ve Konsantrasyon Yöntemlerinin Çilek Suyunun Çeşitli Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri	37
4.2. Çilek Suyunun Depolanma Sürecinde Bazı Fizikokimyasal Özelliklerindeki Değişimler	83
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR	105
EKLER	118
EK-1. Farklı berraklaştırma yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistiksel parametreler	119
EK-1. Farklı konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistiksel parametreler	121
ÖZGEÇMİŞ	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Taze çileğin temel bileşimi	8
Çizelge 2.2. Çilek ve çilek suyunda gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda elde edilen bazı fizikokimyasal özelliklere ait sonuçlar	9
Çizelge 3.1. Duyusal değerlendirme formu	36
Çizelge 4.1. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içerikleri	38
Çizelge 4.2. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının toplam monomerik antosiyanin, renk yoğunluğu, polimerik renk ve polimerik renk oranı değerleri	45
Çizelge 4.3. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının askorbik asit, antioksidan kapasite ve HMF içerikleri	55
Çizelge 4.4. Çilek suyu örneklerinin çeşitli özellikleri açısından korelasyon matrisi	62
Çizelge 4.5. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının şeker içerikleri	65
Çizelge 4.6. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının L*, a* ve b* renk değerleri	70
Çizelge 4.7. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının chroma, hue açısı ve toplam renk farkı değerleri	76
Çizelge 4.8. Farklı koşullarda depolanan karadut sularında antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Çilek meyvesi ve diğer bitkisel kısımlar.....	3
Şekil 2.2. Yıllar itibariyle dünyada çilek üretim alanları ve üretim miktarları	4
Şekil 2.3. 2018 yılı ülkeler bazında çilek üretim miktarları.....	5
Şekil 2.4. 2018 yılı dünyada en fazla çilek üreten on ülke	5
Şekil 2.5. Yıllar itibariyle Türkiye’de çilek üretim alanları ve üretim miktarları	6
Şekil 2.6. Çilekteki antosiyanin yapıları	13
Şekil 2.7. Membran destilasyon ve ozmotik destilasyon proseslerinde temel mekanizmalar.....	18
Şekil 3.1. Farklı yöntemler kullanılarak laboratuvar koşullarında berrak çilek suyu ve çilek suyu konsantresi üretim akım şeması	22
Şekil 3.2. Membran destilasyon sistemi.....	23
Şekil 3.3. Ozmotik destilasyon sistemi	23
Şekil 3.4. Tümleşik membran sistemi	24
Şekil 3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	27
Şekil 3.6. Kateşin kalibrasyon eğrisi.....	28
Şekil 3.7. Askorbik asit kalibrasyon eğrisi	31
Şekil 3.8. (a) Termal evaporasyonla konsantre edilen çilek suyu örneğine ve (b) HMF standartına ait HPLC kromatogramları	34
Şekil 3.9. (a) Şeker standartlarına suyuna ve (b) membran destilasyon ile konsantre edilen çilek suyu örneğine ait HPLC kromatogramları	35
Şekil 4.1. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin ortalama pH değerleri	39
Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin ortalama pH değerleri	39

Şekil	Sayfa
Şekil 4.3. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam asitlik içerikleri	40
Şekil 4.4. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam asitlik içerikleri	41
Şekil 4.5. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri	42
Şekil 4.6. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri	43
Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam flavonoid içerikleri	44
Şekil 4.8. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam flavonoid içerikleri	44
Şekil 4.9. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri	46
Şekil 4.10. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri	47
Şekil 4.11. Çilek suyunda antosiyaninlerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bazı literatür çalışmalarında elde edilen örnek HPLC kromatogramları ...	49
Şekil 4.12. 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılan (A) örneğin ozmotik destilasyonla (B) ve termal evaporasyonla (C) konsantre edilmeleri sonrasında antosiyanin profillerini gösteren HPLC kromatogramları	50
Şekil 4.13. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri	51
Şekil 4.14. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri	52
Şekil 4.15. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin polimerik renk değerleri	53
Şekil 4.16. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin polimerik renk değerleri	53
Şekil 4.17. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin polimerik renk oranları	54

Şekil	Sayfa
Şekil 4.18. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin polimerik renk oranları	54
Şekil 4.19. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin askorbik asit içerikleri	56
Şekil 4.20. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin askorbik asit içerikleri	57
Şekil 4.21. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (ABTS yöntemi)	59
Şekil 4.22. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (ABTS yöntemi)	60
Şekil 4.23. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (DPPH yöntemi).....	61
Şekil 4.24. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (DPPH yöntemi).....	61
Şekil 4.25. Çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin, askorbik asit ve toplam flavonoid içeriklerinin toplam konsantrasyonları ile antioksidan kapasite değerleri arasındaki ilişki.....	63
Şekil 4.26. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin sukroz içerikleri	66
Şekil 4.27. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin sukroz içerikleri	66
Şekil 4.28. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin glukoz içerikleri	67
Şekil 4.29. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin glukoz içerikleri	67
Şekil 4.30. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin fruktoz içerikleri	68
Şekil 4.31. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin fruktoz içerikleri	68
Şekil 4.32. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam şeker içerikleri	69

Şekil	Sayfa
Şekil 4.33. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam şeker içerikleri	69
Şekil 4.34. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin L* renk değerleri.....	72
Şekil 4.35. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin a* renk değerleri.....	73
Şekil 4.36. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin b* renk değerleri.....	73
Şekil 4.37. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin L* renk değerleri	74
Şekil 4.38. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin a* renk değerleri	75
Şekil 4.39. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin b* renk değerleri.....	75
Şekil 4.40. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin chroma (C*) değerleri	77
Şekil 4.41. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin hue açısı (h*) değerleri	78
Şekil 4.42. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin chroma (C*) değerleri.....	79
Şekil 4.43. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin hue açısı (h*) değerleri	79
Şekil 4.44. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam renk farkı (ΔE^*) değerleri	80
Şekil 4.45. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam renk farkı (ΔE^*) değerleri	81
Şekil 4.46. Geleneksel yöntemle berraklaştırıldıktan sonra farklı yöntemlerle konsantre edilen ve eşdeğer kuru madde içeriğine (8° Bx) seyreltilen çilek suyu örneklerinin görünümü.....	81

Şekil	Sayfa
Şekil 4.47. 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırıldıktan sonra farklı yöntemlerle konsantre edilen ve eşdeğer kuru madde içeriğine (8° Bx) seyreltilen çilek suyu örneklerinin görünümü.....	82
Şekil 4.48. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde suda çözünür kuru madde içeriklerindeki değişim.....	84
Şekil 4.49. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde pH değerlerindeki değişim	84
Şekil 4.50. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam asitlik değerlerindeki değişim	85
Şekil 4.51. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam fenolik madde içeriklerindeki değişim	86
Şekil 4.52. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam flavonoid içeriklerindeki değişim.....	87
Şekil 4.53. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişim.....	88
Şekil 4.54. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde 1. derece reaksiyon kinetiğine göre toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişim	89
Şekil 4.55. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde polimerik renk oranı değerlerindeki değişim.....	90
Şekil 4.56. Buzdolabı (A) ve oda sıcaklığı (B) koşullarında depolanan çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri ve polimerik renk oranı değerleri arasındaki ilişki	90
Şekil 4.57. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde askorbik asit içeriklerindeki değişim.....	92
Şekil 4.58. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde antioksidan kapasite içeriklerindeki değişim	93
Şekil 4.59. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde şeker içeriklerindeki değişim	93
Şekil 4.60. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde L* değerlerindeki değişim.....	94

Şekil	Sayfa
Şekil 4.61. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde a^* değerlerindeki değişim	95
Şekil 4.62. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde b^* değerlerindeki değişim	95
Şekil 4.63. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde C^* değerlerindeki değişim	96
Şekil 4.64. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde h^* değerlerindeki değişim	97
Şekil 4.65. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde ΔE^* değerlerindeki değişim	97
Şekil 4.66. Çilek suyu örneklerinin (A) buzdolabı sıcaklığında ve (B) oda sıcaklığında depolanma süresince aylık görünüşleri.....	98
Şekil 4.67. Çilek suyu örneklerinin buzdolabı sıcaklığında ve oda sıcaklığında depolanma süresince karşılaştırmalı görünüşleri	98
Şekil 4.68. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince tat, koku ve renk değerlerindeki değişimine ait duyuşsal analiz grafikleri	100

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ABTS	2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)
CE	Kateşin eşdeğeri
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GAE	Gallik asit eşdeğeri
GB	Geleneksel yöntemle berraklaştırma
HMF	Hidroksimetil furfural
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
MD	Membran destilasyon
OD	Ozmotik destilasyon
PES	Polietersülfon
PP	Polipropilen
PTFE	Politetrafluoetilen
PVDF	Polivinildiflorid
QE	Kuersetin eşdeğeri
TE	Termal evaporasyon
TEAC	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite
TU	Tümleşik uygulama
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UF	Ultrafiltrasyon

1. GİRİŞ

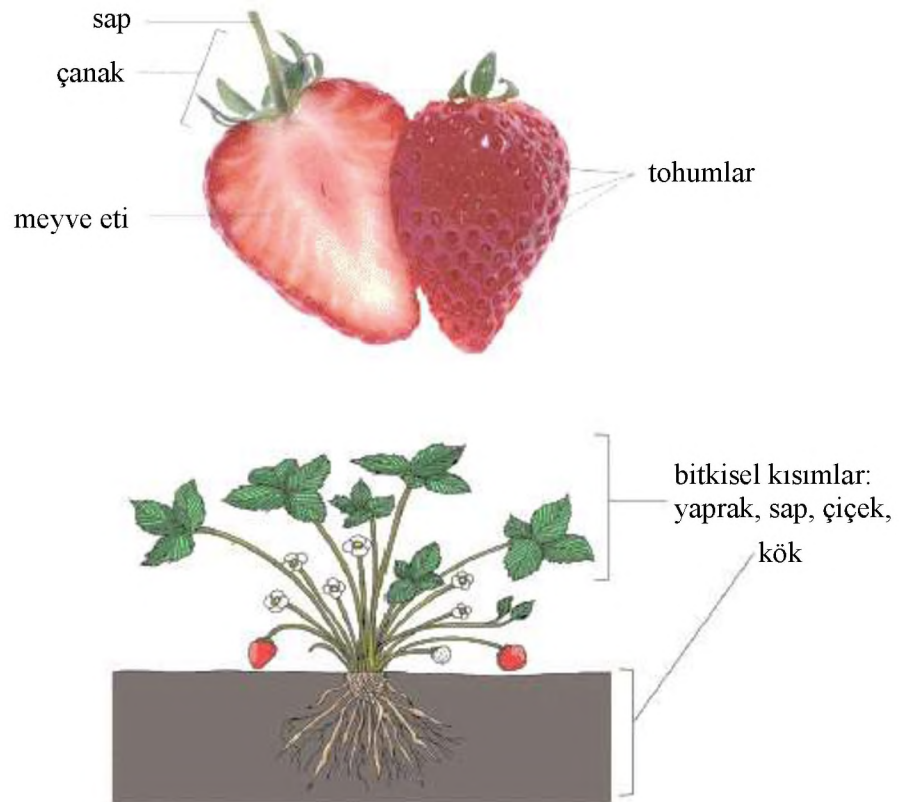
Beslenme uzmanları, sahip oldukları diyet lifler ve faydalı fitokimyasallar içermeleri nedeniyle günlük diyetle alınması gereken meyve ve sebze miktarının artırılması gerektiğini ifade etmekte, meyve ve sebze tüketiminin kronik rahatsızlıkları azaltacağını ve bu anlamda küresel sağlığı olumlu yönde etkileyeceğini belirtmektedirler. Özellikle kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve obezite gibi çeşitli sağlık sorunlarının azaltılması noktasında antioksidan etki gösteren polifenoller ve askorbik asit gibi bileşenlerin etkin rol aldığı bilinmekte ve meyve ve sebze tüketimi ile söz konusu bileşenlerden doğal olarak yararlanılması sağlanmaktadır. Yapılan araştırmalar özellikle kırmızı meyvelerin bu kaynaklar açısından zengin olduğunu göstermekte olup, sahip olduğu yüksek antioksidan kapasite, polifenoller, vitamin ve mineral madde içeriği dolayısıyla çilek, ön plana çıkan meyvelerden biri konumundadır. Aynı zamanda çilekte bulunan antosiyaninlerden kaynaklı parlak kırmızı renk, tüketiciler tarafından duyuşal açıdan da tercih edilen bir sonuç ortaya koymaktadır. Bununla birlikte raf ömrünün sınırlı olması dolayısıyla çileğin taze tüketim yanında farklı ürünlere işleme mecburiyeti de ortadadır. Bu noktada çileğin meyve suyuna işlenmesi, son zamanlarda daha fazla talep gören uygulamalardan biri olarak görülmektedir. Gerek çilek ve gerekse diğer meyve sularının üretiminde, güvenlik ve kalitenin iyileştirilmesi ile birlikte tüketici tercihleri, maliyet ve besinsel değerin korunması gibi faktörlerin göz önünde bulundurulduğu bir tasarım söz konusudur. Özellikle ticari rekabetin de üst düzeyde olduğu günümüzde kaliteli ürün üretmek noktasında, geleneksel üretim yöntemlerinin sahip olduğu olumsuzlukları minimize etmek için alternatif yeni teknolojilerden yararlanılması kaçınılmaz görülmektedir. Örneğin meyve sularına kimyasal ve mikrobiyolojik stabilize sağlanması yanında depolama ve nakliye maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla gerçekleştirilen konsantrasyon işleme geleneksel olarak termal evaporasyon yöntemi ile gerçekleştirilmekte, söz konusu termal prosesler ise ürünün duyuşal ve besinsel değerlerinde negatif yönlü önemli değışimlere yol açmaktadır. Bu noktada ısı olmayan membran sistemlerinden yararlanılması önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine meyve suyu üretimdeki berraklaştırma işleminde, durultma yardımcı maddeleri kullanılarak gerçekleştirilen geleneksel uygulamaya

alternatif olarak ultrafiltrasyon gibi membran teknolojilerinin kullanılması ile söz konusu durultma yardımcı maddelerine olan ihtiyacın ortadan kalkması ve sürecin hızlandırılması gibi avantajlar söz konusu olacaktır. Bu bağlamda gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında berrak çilek suyu ve konsantresi üretiminde membran sistemlerinden yararlanılması üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Konsantrasyon amacıyla membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve her iki yöntemin kombine edildiği tümleşik sistem kullanımı ile elde edilen ürün karakteristikleri, termal evaporasyon yöntemi ile elde edilenlerle karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Yine berraklaştırma amacıyla geleneksel jelatin-bentonit durultması yerine ultrafiltrasyon kullanımının çilek suyu örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmış, kullanılan ultrafiltrasyon membranının gözenek büyüklüğünün etkileri de değerlendirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise buzdolabı ve oda sıcaklığı koşullarında 6 ay depolanan çilek suyu örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Son zamanlarda membran sistemlerinin meyve suyu üretim proseslerinde kullanılması üzerine gerçekleştirilen çalışmalara ilgi artmıştır. Bununla birlikte özellikle konsantrasyon amacıyla membran destilasyon ve ozmotik destilasyon gibi yöntemlerin kullanımı noktasındaki çalışmalar nispeten sınırlı düzeydedir. Bu anlamda yukarıda belirtilen çerçevede çilek suyu ile gerçekleştirilen bir çalışmaya da literatürde rastlanmamıştır. Bu tez çalışması ile membran sistemlerinin çilek suyu üretim prosesinde kullanılması noktasında literatüre ve konu ile ilgili olarak daha sonra gerçekleştirilecek araştırmalara katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

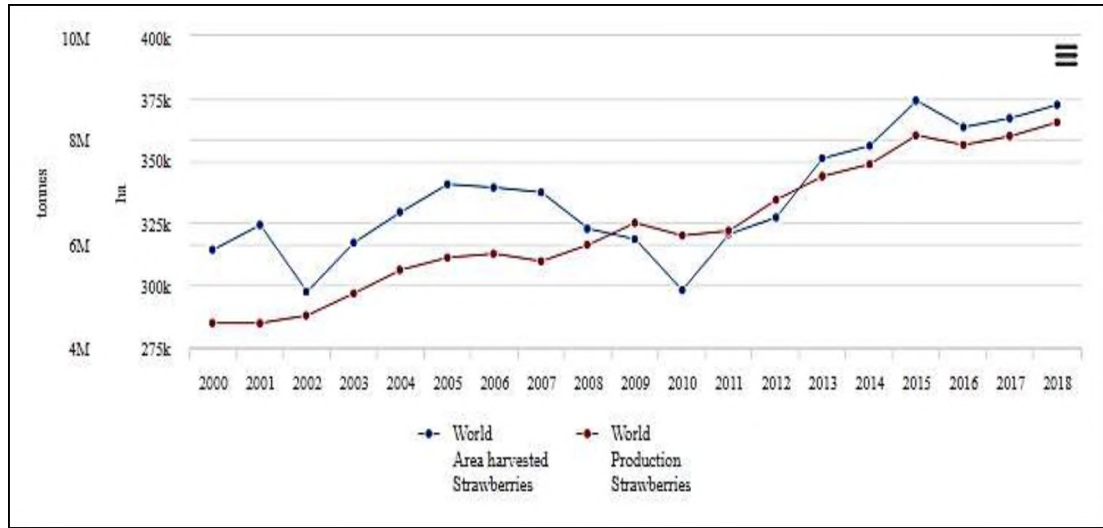
Çilek (*Fragaria x ananassa*), dünya genelinde tüketilen en popüler üzüksü meyvelerden biri olup sahip olduğu mineraller, vitaminler ve fitokimyasallar dolayısıyla sağlık üzerine etkileri de dikkate alınarak çok sayıda insanın diyetinde yaygın bir şekilde yer almaktadır (Giampieri ve ark., 2015).

Çok yıllık otsu ve saçak köklü bir bitki olan çileğin yaprakları parçalı olup çiçekleri de beş taç yapraktan meydana gelmiştir (Şekil 2.1). *Fragaria* cinsi ve Rosaceae familyası içerisinde yer alan 20'den fazla yabani ve hibrit tür yanında iki tane de ticari önemi olan kültüre alınmış türü bulunmaktadır (Muthukumaran ve ark., 2017). Bu türler içerisinde bahçe çileği olarak da adlandırılan *Fragaria x ananassa*, dünya çapında ticari olarak en çok yetiştirilen çilek türü konumundadır.

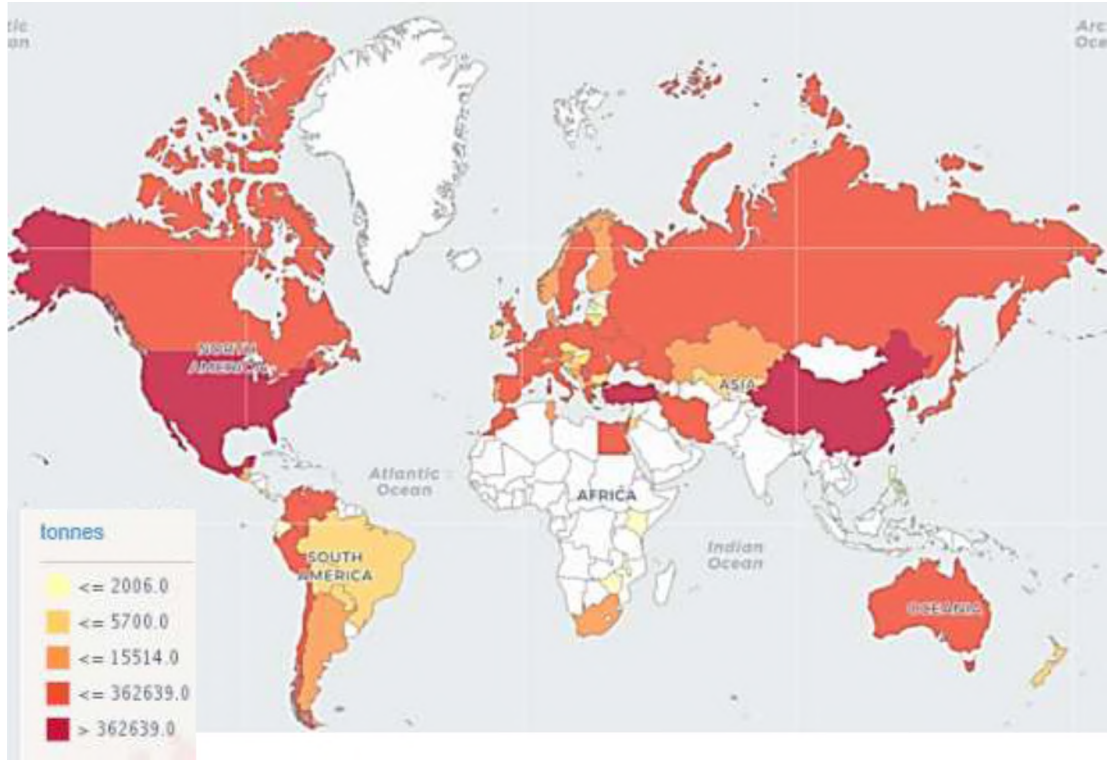


Şekil 2.1. Çilek meyvesi ve diğer bitkisel kısımlar (Muthukumaran ve ark., 2017)

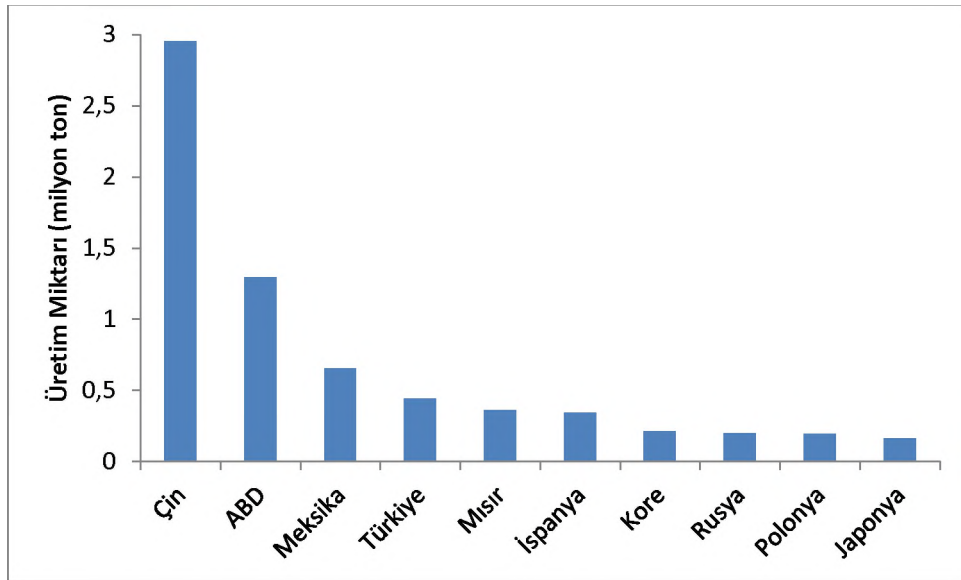
Çilek, her iklime kolayca uyum sağlayabilen bir bitki olduğu için dünyanın hemen her ekolojisinde doğal olarak yetişmektedir (Geçer ve Yılmaz, 2011). Son 20 yıllık istatistiklere bakıldığında dünyada çilek üretiminin sürekli bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir. Çilek üretim alanları da 2000-2010 yılları arasında nispeten dalgalı bir seyir izlemekle birlikte bu tarihten sonra önemli bir artış eğilimindedir (Şekil 2.2). Şekil 2.3'te verilen haritada da 2018 yılı itibariyle ülkelerin çilek üretim durumları gösterilmektedir (FAO, 2020). Dünya genelinde 2018 yılında 8 milyon tonun üzerinde çilek üretimi gerçekleştirilmiş olup, Çin'in bu anlamda 3 milyon ton dolayında üretimle açık ara üstünlüğü bulunmaktadır. Çilek üretimi noktasında Çin'den sonra ABD, Meksika ve Türkiye önde gelen üretici ülkeler konumundadır (Şekil 2.4). Dünya çilek üretiminin ekonomik değeri ise 15 milyar dolar düzeyinde olduğu belirtilmektedir (FAO, 2020).



Şekil 2.2. Yıllar itibariyle dünyada çilek üretim alanları ve üretim miktarları (FAO, 2020)

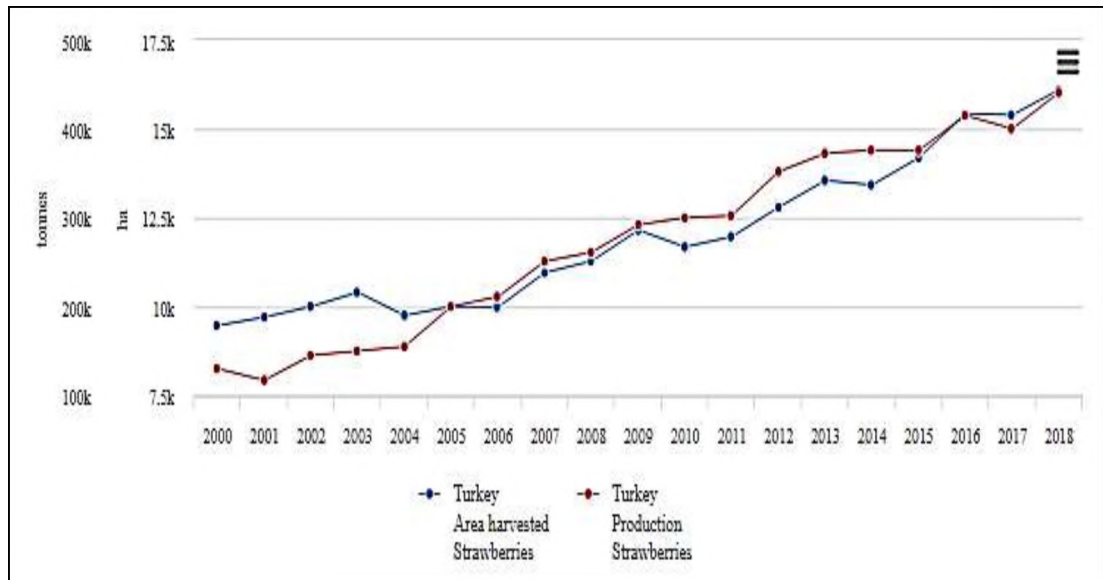


Şekil 2.3. 2018 yılı ülkeler bazında çilek üretim miktarları (FAO, 2020)



Şekil 2.4. 2018 yılı dünyada en fazla çilek üreten on ülke (FAO, 2020)

Dünyanın önde gelen çilek üreticilerinden olan ülkemizde de hemen hemen her bölgede üretim yapılmaktadır. Olgunlaşma zamanı genellikle ilkbahar ayları olan çilek, bu zamanda olgunlaşan fazla meyve bulunmadığı için diğer meyveler olgunlaşıp pazara çıkana kadar daha yüksek fiyatlardan alıcı bulmaktadır (UIB, 2018). Ülkemizde çilek yakın bir zamana kadar İstanbul, Bursa ve Karadeniz Ereğlisi gibi nispeten daha sınırlı bir alanda üretilirken, günümüzde özellikle Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yaygın bir üretim söz konusudur. Mersin, Aydın, Bursa ve Antalya illeri bu üretimde ön sıralarda gelmektedir (Seçer ve ark., 2019). Çilek genel olarak Marmara Bölgesi'nde mayıs ayı başlarında Ege'de nisan ortasında ve daha güney bölgelerde ise mart ayında olgunlaşmaya başlamaktadır. Yıllar itibariyle ülkemizdeki çilek üretim alanları ve üretilen çilek miktarının da sürekli olarak artış içerisinde olduğu görülmektedir (Şekil 2.5). Nitekim 2006 yılında yaklaşık 100 bin dekar alanda 210 bin ton çilek üretimi gerçekleştirilirken, 2018 yılında üretim alanı 160 bin dekara, üretim miktarı da 440 bin tona çıkmıştır. TÜİK verilerine göre de 2019 yılı itibariyle ülkemizde bir önceki yıla göre %10,4'lük artışla yaklaşık 487 bin ton çilek üretilmiştir (TÜİK, 2020).



Şekil 2.5. Yıllar itibariyle Türkiye’de çilek üretim alanları ve üretim miktarları (FAO, 2020)

Üretim miktarındaki artışa paralel olarak ticari hacmi de büyüyen çilek, parlak rengi ve hoş aroması dolayısıyla gerek taze ve dondurulmuş formda ve gerekse farklı ürünlere işlenerek yoğun bir şekilde tüketilmektedir. Çeşitli hastalıklara yakalanma riskinin azaltılması noktasında meyve ve sebze tüketiminin olumlu etkilerinin epidemiyolojik çalışmalarla ortaya konması sonrasında çilek gibi fonksiyonel gıda olarak da ifade edilen ürünlere ilgi artmış ve bu anlamda çilek üzerine de çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu anlamda geleneksel tedavileri desteklemesinin yanı sıra çeşitli kronik hastalıklara yakalanma riskinin azaltılmasına katkı sunması noktasında, çileklerle ilgili olarak da umut verici çalışmalar söz konusudur (Giampieri ve ark., 2015; Miller ve ark., 2019).

Çizelge 2.1’de ABD Tarım Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Birimi tarafından hazırlanan çileğin temel besinsel bileşim unsurları görülmektedir (Giampieri ve ark., 2012). Çileğin gerek üretimi ve gerekse diğer ürünlere işlenmesi süreci, söz konusu bileşim unsurlarında da farklılıklara yol açabilmektedir. Nitekim farklı çilek türleri, yetiştirildiği coğrafyanın toprak ve iklim özellikleri, işlenme aşamalarında uygulanan parametreler vb. pek çok faktör, bu anlamda elde edilen sonuçların da geniş bir aralıkta farklılaşmasına sebep olmaktadır. Çizelge 2.2’de çilek üzerinde gerçekleştirilen bazı çalışmalardan derlenen fizikokimyasal özelliklere ait çeşitli veriler gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Taze çileğin temel bileşimi (Giampieri ve ark., 2012)

Bileşim Unsuru	100 g'da
Su (g)	90,95
Protein (g)	0,67
Kül (g)	0,40
Toplam lipid (g)	0,30
Karbonhidrat (g)	7,68
Besinsel lif (g)	2,0
Toplam şeker (g)	4,89
Sukroz (g)	0,47
Glukoz (g)	1,99
Fruktoz (g)	2,44
Mineraller	
Kalsiyum (mg)	16
Demir (mg)	0,41
Magnezyum (mg)	13
Fosfor (mg)	24
Potasyum (mg)	153
Sodyum (mg)	1
Çinko (mg)	0,14
Bakır (mg)	0,048
Mangan (mg)	0,386
Selenyum (mg)	0,4
Vitaminler	
Vitamin C (mg)	58,8
Tiamin (mg)	0,024
Riboflavin (mg)	0,022
Niasin (mg)	0,386
Pantotenik asit (mg)	0,125
Vitamin B6 (mg)	0,047
Folat (µg)	24
Kolin (mg)	5,7
Betain (mg)	0,2
Vitamin A (µg)	1
Lutein + zeaksantin (µg)	26
Vitamin E, α-tokoferol (mg)	0,29
β-tokoferol (mg)	0,01
γ-tokoferol (mg)	0,08
δ-tokoferol (mg)	0,01
Vitamin K	2,2

Çizelge 2.2. Çilek ve çilek suyunda gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda elde edilen bazı fizikokimyasal özelliklere ait sonuçlar

Suda çözünür kuru madde (%)	5,08-11,15	Kepenek ve ark., 2002
	7,1-10,8	Kafkas ve ark., 2007
	8,1±0,2	Zheng ve ark., 2007
	7,9±0,0	Marszalek ve ark., 2015
	8,77-9,08	Adak ve ark., 2016
	8,89±0,08	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
	7,5±0,3	Odriozola-Serrano ve ark., 2016
	8,5±0,1	Tomadoni ve ark., 2016b
	8,5	Salamon ve ark., 2017
	10,06±0,06	Tomadoni ve ark., 2017
pH	7,4±0,0	Aaby ve ark., 2018
	8,05±0,01	Yildiz ve ark., 2019
	3,27-3,48	Garzon ve Wrolstad, 2002
	2,84-4,27	Kepenek ve ark., 2002
	3,29-3,43	Kafkas ve ark., 2007
	3,84±0,02	Zheng ve ark., 2007
	3,4±0,1	Marszalek ve ark., 2015
	3,74±0,00	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
	3,35±0,04	Odriozola-Serrano ve ark., 2016
	3,14±0,02	Bhat ve Goh, 2017
Toplam asitlik (%)	3,30	Turk ve ark., 2017
	3,34±0,01	Aaby ve ark., 2018
	3,40±0,01	Yildiz ve ark., 2019
	0,80-0,83	Garzon ve Wrolstad, 2002
	0,69-1,26	Skupien ve Oszmianski, 2004
	0,60-0,97	Kafkas ve ark., 2007
	0,74±0,03	Zheng ve ark., 2007
	0,69	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
	0,87	Cassani ve ark., 2016
	0,78	Tomadoni ve ark., 2016b
Toplam fenolik madde	1,37±0,02	Bhat ve Goh, 2017
	1,13±0,01	Tomadoni ve ark., 2017
	144,86 mg GAE/100 g	Wang ve Lewers, 2007
	102 mg GAE/100 g	Zheng ve ark., 2007
	1083 mg GAE/kg	Erkan ve ark., 2008
	781,3±28,06 mg GAE/L	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
	1151,9 mg GAE/L	Tomadoni ve ark., 2016a
	1195±77 GAE/L	Tomadoni ve ark., 2016b
	605±17 mg GAE/L	Arend ve ark., 2017
	817,6±15,8 mg GAE/L	Bhat ve Goh, 2017
1195 mg GAE/L	Tomadoni ve ark., 2017	
576,0±5,6 mg GAE/L	Wang ve ark., 2019a	
618,2-1855,4 mg GAE/L	Wlodarska ve ark., 2019	
326,0±4,2 mg GAE/L	Yildiz ve Aadil, 2020	

Çizelge 2.2. (Devam) Çilek ve çilek suyunda gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda elde edilen bazı fizikokimyasal özelliklere ait sonuçlar

Toplam flavonoid	83-327 mg CE/100 g km	Mahmood ve ark., 2012
	35-57-62,93 mg CE/ 100 g	Hwang ve ark., 2019
	182,0±0,6 mg CE/L	Wang ve ark., 2019a
	45,37±0,25 mg QE/100 g	Win ve ark., 2019
Toplam antosiyanin	268-290 mg/L	Garzon ve Wrolstad, 2002
	390,8 mg/kg	Erkan ve ark., 2008
	27,79-60,05 mg/100g	Tonutare ve ark., 2014
	200-600 mg/kg	da Silva ve ark., 2007
	46,12 mg/100 g	Wang ve Lewers, 2007
	20,07±1,13 mg/100 g	Zheng ve ark., 2007
	508±5 mg/kg	Hartmann ve ark., 2008
	20,07-39,08 mg/100g	Szajdek ve Borowska, 2008
	157-243 mg/kg	Panico ve ark., 2009
	195,07±7,30 mg/L	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
Askorbik asit	31,19±0,32 mg/L	Bhat ve Goh, 2017
	15,9±0,9 mg/100 g	Aaby ve ark., 2018
	548 µg/g	Buve ve ark., 2018
	342-488 mg/L	Garzon ve Wrolstad, 2002
	61 mg/100 g	Proteggente ve ark., 2002
	54-87 mg/100 g	Skupien ve Oszmianski, 2004
	378±2 mg/kg	Hartmann ve ark., 2008
	48,78-87,86 mg/100 mL	Derossi ve ark., 2010
	27,75±0,08 mg/100 mL	Marszalek ve ark., 2015
	53,59±1,72 mg/100 mL	Bhat ve Goh, 2017
Antioksidan kapasite (ABTS)	19,2±0,4 mg/100 g	Aaby ve ark., 2018
	438 µg/g	Buve ve ark., 2018
	25,91 mmol TEAC/kg	Proteggente ve ark., 2002
	23,98±0,79 mmol TEAC/kg	Hartmann ve ark., 2008
	15,36-24,37 mmol TEAC/kg	Szajdek ve Borowska, 2008
	11,27-19,41 mmol TEAC/kg	Tulipani ve ark., 2008
	5,7-28,2 mmol TEAC/kg	Tarola ve ark., 2013
	27,03 mmol TEAC/L	Adorno ve ark., 2017
	15,21±0,11 mmol TEAC/L	Cassani ve ark., 2018a
	1913,0±15,9 µmol TEAC/L	Wang ve ark., 2019a
Antioksidan kapasite (DPPH)	1224,23±1,89 µmol TEAC/L	Yildiz ve Aadil, 2020
	9,70±0,56 mmol TEAC/kg	Hartmann ve ark., 2008
	25,84±0,97 mmol TEAC/L	Adorno ve ark., 2017
	12,05±0,78 mmol TEAC/L	Cassani ve ark., 2018a

Çizelge 2.2. (Devam) Çilek ve çilek suyunda gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda elde edilen bazı fizikokimyasal özelliklere ait sonuçlar

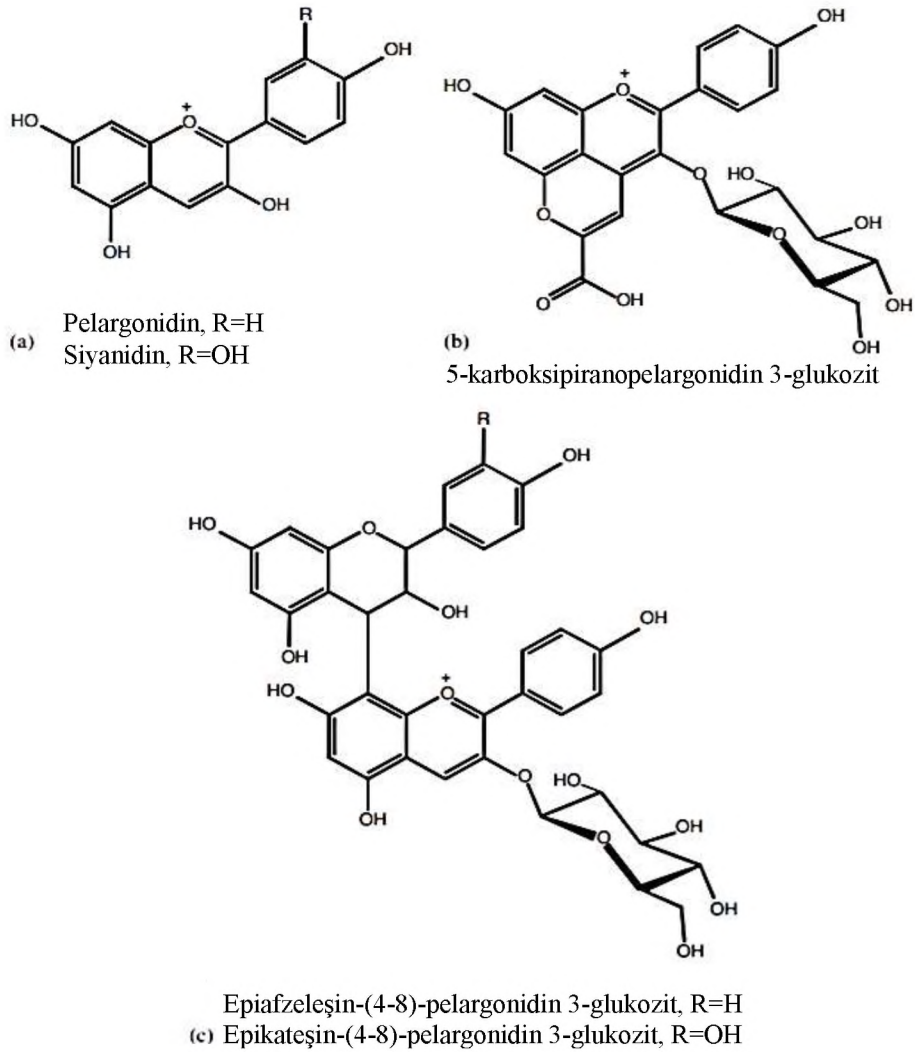
Sukroz (%)	0,11-1,85	Surm ve ark., 2003
	0,73±0,03	Marszalek ve ark., 2015
	0,89	Turk ve ark., 2017
	1,34±0,76	Li ve ark., 2020
Glukoz (%)	1,63-2,82	Surm ve ark., 2003
	2,15±0,00	Marszalek ve ark., 2015
	1,27	Turk ve ark., 2017
	1,68-2,48	Hwang ve ark., 2019
	2,00±0,24	Li ve ark., 2020
Fruktoz (%)	2,05-3,30	Surm ve ark., 2003
	2,55±0,01	Marszalek ve ark., 2015
	2,51	Turk ve ark., 2017
	1,53-2,66	Hwang ve ark., 2019
	2,35±0,28	Li ve ark., 2020
L*	38,33±0,96	Zheng ve ark., 2007
	40,46±0,01	Marszalek ve ark., 2015
	24,75-39,57	Cassani ve ark., 2016
	33,87±0,10	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
	21,81±2,14	Adorno ve ark., 2017
	33,43±0,28	Arend ve ark., 2017
	36,32±0,94	Bhat ve Goh, 2017
	44,69±1,09	Tomadoni ve ark., 2017
	20,1±0,5	Aaby ve ark., 2018
	36,12±0,48	Yildiz ve Aadil, 2020
a*	37,36±1,30	Zheng ve ark., 2007
	43,46±0,04	Marszalek ve ark., 2015
	34,73±1,58	Adorno ve ark., 2017
	37,29±0,28	Arend ve ark., 2017
	55,61±0,57	Bhat ve Goh, 2017
	23,80±0,28	Yildiz ve Aadil, 2020
b*	26,04±1,02	Zheng ve ark., 2007
	35,05±0,10	Marszalek ve ark., 2015
	38,30±0,10	Adorno ve ark., 2017
	19,59±0,26	Arend ve ark., 2017
	62,38±1,60	Bhat ve Goh, 2017
	18,10±0,41	Yildiz ve Aadil, 2020

Çizelge 2.2. (Devam) Çilek ve çilek suyunda gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda elde edilen bazı fizikokimyasal özelliklere ait sonuçlar

C*	45,56±1,51	Zheng ve ark., 2007
	13,98±0,07	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
	26,7±0,1	Aaby ve ark., 2018
	11,11±0,34	Wang ve ark., 2019
h*	34,80±0,83	Zheng ve ark., 2007
	35,13-39,74	Cassani ve ark., 2016
	15,75±0,09	Bermejo-Prada ve Otero, 2016
	40,35	Tomadoni ve ark., 2016a
	24,22±0,30	Tomadoni ve ark., 2017
	27,8±0,3	Aaby ve ark., 2018

Sahip olduğu aroma ve renk karakteristikleri yanında çilek üzerine olan ilginin temelinde yüksek düzeyde C vitamini ve fenolik madde içeriğinin de önemli katkısı bulunmaktadır (Giampieri ve ark., 2012). Meyvelere buruk tat veren fenolik bileşenler, bunlardan elde edilen meyve suyunun rengi ve bulanıklığından da sorumludurlar. Antioksidan etki gösterirler, bu sayede diyabet ya da çeşitli kalp rahatsızlıklarının engellenmesi yanında bağışıklığın güçlendirilmesinde de önemli etkileri vardır (Seeram ve ark., 2006). Taze çilekteki fenolik madde içeriği, çileğin cinsine göre değişiklik gösterebildiği gibi farklı ürünlere işleme sırasında da değişim gösterir. Örneğin berrak meyve suyu üretiminde, tortu oluşumunun engellenmesi ve daha yumuşak bir tat oluşturulması için bazı fenolik bileşiklerin kısmen meyve suyundan uzaklaştırılması gerekebilir. Çileklerdeki en önemli fenolik bileşen grubunu antosiyaninler oluşturmaktadır (Tulipani ve ark., 2008). Literatür çalışmalarında çilekler için rapor edilen toplam antosiyanin miktarı çok geniş bir aralıkta bulunmakla birlikte genel olarak 150 – 600 mg/kg düzeyindedir (Giampieri ve ark., 2012). Yapılan araştırmalarda çileklerde 20’den fazla antosiyanin tespit edilmiş olmakla birlikte bunlar içerisinde özellikle küçük miktarlarda olanlarla ilgili karakterizasyon çalışmaları yeterli değildir (da Silva ve ark., 2007). Buna karşılık çileklerde en fazla bulunan antosiyanin ise genetik ve çevresel faktörlerden bağımsız olarak pelargonidin glukozitleridir. Daha az miktarda olmakla birlikte siyanidin glukozitleri de mevcuttur. Bunların dışında çok daha küçük konsantrasyonlarda 5-karboksipiranopelargonidin 3-glukozit (Andersen ve ark., 2004) ve pelargonidin 3-glukozit ile epikateşin ve epiafzeleşin gruplarının C-C bağlarıyla bağlandığı yapılar

antosiyeninlerle ilişkili pigmentler olarak belirlenmişlerdir (Fossen ve ark., 2004) (Şekil 2.6). Yapıdaki en yaygın şeker glukoz olmakla birlikte bazı çilek antosiyaninlerinde rutinoz, arabinoz ve ramnoz da bulunabilmektedir (Giampieri ve ark., 2012).



Şekil 2.6. Çilekteki antosiyanin yapıları. (a) antosiyanin aglikonları, (b) 5-karboksipiranopelargonidin 3-glukozit, (c) antosiyanin-flavanol kondense pigmentleri (da Silva ve ark., 2007)

Antosiyaninlerin yapıtaşı olan flavilium katyonunun C halkası doymamış yapıda olduğundan stabiliteleri düşüktür (Turfan, 2008). Bunun yanında çilek antosiyaninleri %93 oranında monoglukozit yapı göstermektedir (Wu ve ark., 2006). Bu yapı, çilek suyundaki antosiyaninlerin ve dolayısıyla rengin stabilitesinin düşük

olma nedenlerinden biridir. Zira antosiyaninlerin parçalanmasının yapıdan şeker moleküllerinin ayrılması ve nispeten daha duyarlı antosiyanidin yapılara dönüşümle başladığı ifade edilmektedir. Bu anlamda çoklu şeker olması durumunda antosiyanin stabilitesi, yapıda tek şeker olması durumuna kıyasla daha fazladır (Ertan ve ark., 2020). Çilek antosiyaninlerinin stabilitelerinin düşük olmasındaki bir diğer neden de bu meyvenin sahip olduğu yüksek askorbik asit içeriğinden kaynaklanmaktadır. Nitekim askorbik asit ve parçalanma ürünlerinin çeşitli ürünlerde antosiyanin parçalanmasını hızlandırdığına dair çeşitli çalışmalar mevcuttur (De Rosso ve Mercadante, 2007; Sadilova ve ark., 2009; Ertan ve ark., 2020). Ayrıca enzimatik aktiviteler ve özellikle de polifenol oksidaz enzimlerinden de etkilenme söz konusudur. Yine antosiyaninler gıda işleme proseslerinden de önemli ölçüde etkilenmekte olup örneğin proseste uygulanan ısı işlemler yanında depolama sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak da antosiyaninlerde kayıplar meydana gelebilir (Ifie ve Marshall, 2018).

Çileklerde bulunan bir diğer önemli fenolik grup hidrolize tanenler olarak da adlandırılan elajitanenler olup, gallik asit ya da heksahidroksidifenik asit gibi fenolik asitlerle glukozun farklı kombinasyonlarından meydana gelirler ve güçlü antioksidan aktivite gösterirler. Bunların dışında çileklerin yapısında kateşin, kuersetin, kamferol, naringin ve hesperidin gibi flavonoidler ile çeşitli hidroksisinamik ve hidroksibenzoik asitler bulunmaktadır (Giampieri ve ark., 2012; Basu ve ark., 2014).

Fenolik bileşenler dışında çilek, yüksek askorbik asit içeriği ile beslenme açısından önemli bir vitamin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Giampieri ve ark., 2012). Bu anlamda çilek yüksek askorbik asit içeriği sayesinde bir kişinin günlük C vitamini ihtiyacını da giderebilme noktasında önemli katkı sunar. Çileğin çeşidi, hasat edildiği zaman, çilekten üretilen ürünlerin üretim prosesleri, çileğin depolanmasında geçen süre ve depolama sıcaklıkları da askorbik asit miktarının değişimine yol açmaktadır. Bunların dışında askorbik asit kaybına sıcaklık ve oksidasyonun etkileri de oldukça önemlidir (Sapei ve Hwa, 2014).

Çilek, su içeriği çok yüksek olan bir meyve olduğu için çok çabuk bozulmaktadır ve raf ömrü nispeten kısadır. Taze çileğin raf ömrünün uzatılmasına yönelik araştırmalar devam etmekte olup, bunun yanı sıra geleneksel yöntemlerden özellikle dondurma yöntemi ile çileklerin muhafaza edildiği görülmektedir. Ayrıca çileğin meyve suyu, nektar (Gössinger ve ark., 2009; Ertan ve ark., 2020), reçel (Bienczak ve ark., 2018; Martinsen ve ark., 2020) gibi ürünlere işlenmesi ya da renk ve aroma vermek veya besinsel içeriğin zenginleştirilmesi amacıyla değişik ürünlerin içerisine ilave edilmesi şeklinde de (Balthazar ve ark., 2019; Wang ve ark., 2019b) değerlendirilmesi mümkündür. Bu noktada çileğin meyve suyu ve konsantresine işlenmesinde son dönemlerde gittikçe artan bir eğilim söz konusudur.

Çileği meyve suyuna işlenmesi uygun olmayan nitelikteki hammaddenin ayıklanması ve yıkamanın ardından presleme ile başlar. Elde edilen çilek ham suyu bulanık olup berrak meyve suyu üretimi için söz konusu bulanıklığı gidermek gerekir. Bu amaçla da pektolitik enzimler ve çeşitli durultma yardımcı maddelerinin kullanıldığı durultma ve berraklaştırma işlemleri gerçekleştirilir. Ham meyve suyunda bulunan protein ve polifenoller çilek sularındaki bulanıklığa yol açan unsurlardandır. Yine çilek suyundaki (-) yüklü pektin, preslenmiş meyve suyunun sahip olduğu diğer bulanıklığa yol açan maddelere de (-) yük kazandırıp elektrostatik etkilerle çökmelere engel olmaktadır. Pektolitik enzimler, bu yapıyı parçalayarak flok oluşumunu sağlar ve bu sayede çökme meydana gelmiş olur (Echavarría ve ark., 2011). Enzimatik durultmayla elde edilen berraklık meyve suyu için tek başına yeterli olmamaktadır. Bu yüzden meyve suyunun berraklaştırılmalarında geleneksel olarak jelatin, bentonit ve kizelzol gibi durultma yardımcı maddelerinden yararlanılır (Acar ve Gökmen, 2005). Durultma yardımcı maddeleri yardımıyla da flok oluşumu sağlanıp çöken bulanıklık unsurları geleneksel filtrasyon uygulamaları ile uzaklaştırılır. Bu aşamada da filtrasyonun kolaylaştırılması için kizelgur gibi filtrasyon yardımcı maddelerinin kullanımı söz konusudur. Meyve sularının berraklaştırılması amacıyla yukarıda bahsedilen geleneksel yöntemler kesikli prosesler olup, oldukça emek yoğun ve zaman alıcı işlemlerdir. Berraklaştırma amacıyla geleneksel yöntemlere alternatif olarak membran sistemlerinden de yararlanılmaya başlandığı görülmekte olup, bu amaçla özellikle ultrafiltrasyon

kullanımı endüstriyel ölçekte de yaygın bir uygulama alanı bulmuştur (Ilame ve Singh, 2015; Bhattacharjee ve ark., 2017; Conidi ve ark., 2020b).

Ultrafiltrasyon uygulamalarında genellikle 2-10 nm gözenek büyüklüğüne sahip asimetric membranlar kullanılır ve proteinler gibi makromoleküllerin tuz ve şekerler gibi daha küçük moleküllerden ayırımı sağlanır. Ultrafiltrasyonda uygulanan basınç genel olarak 1-10 bar düzeyindedir. Ultrafiltrasyon membranları gözenek büyüklükleri daha çok molekül ağırlığı ayırma sınırı (MWCO) ile karakterize edilirler ve bu değer genelde 1-1000 kDa aralığındadır. Ultrafiltrasyon membranları ile gerçekleştirilen uygulamalarda membranın gözenek büyüklüğü yanında işlem parametreleri de ayırimda etkilidir (Cassano ve ark., 2020, Conidi ve ark., 2020a).

Berraklaştırma yanında membran sistemlerinin meyve suyu işleme proseslerinde uygulama alanı bulduğu bir diğer aşama da konsantrasyondur. Bilindiği üzere meyve suları kimyasal ve mikrobiyolojik stabilite sağlanması yanında taşıma ve depolama maliyetlerinin de düşürülmesi için genel olarak konsantrasyon prosesine tabii tutulurlar (Cassano ve ark., 2020) Geleneksel olarak ısı işleme dayalı termal evaporasyon yöntemi ile gerçekleştirilen bu proses sayesinde %5-20 düzeyinde olan başlangıç kuru madde düzeyi %60-75 seviyelerine çıkarılır (Acar ve Gökmen, 2005). Her ne kadar vakum altında gerçekleştirilse dahi uygulanan ısı işleme dayalı olarak bu proseste duysal ve besinsel kayıplar söz konusu olmaktadır (Jimenez-Sanchez ve ark., 2017). Bu kayıpları en aza indirebilmek, konsantreyi en güvenilir ve sağlıklı şekilde elde edebilmek için ısı yöntemlerinin yerine ısı olmayan yeni teknolojik yöntemler üzerinde de yoğun çalışmalar mevcut olup bu bağlamda meyve sularının konsantrasyonu amacıyla membran sistemlerinden yararlanılması önemli bir alternatif olarak görülmektedir (Onsekizoğlu, 2012, Cassano ve ark., 2020; Conidi ve ark., 2020b).

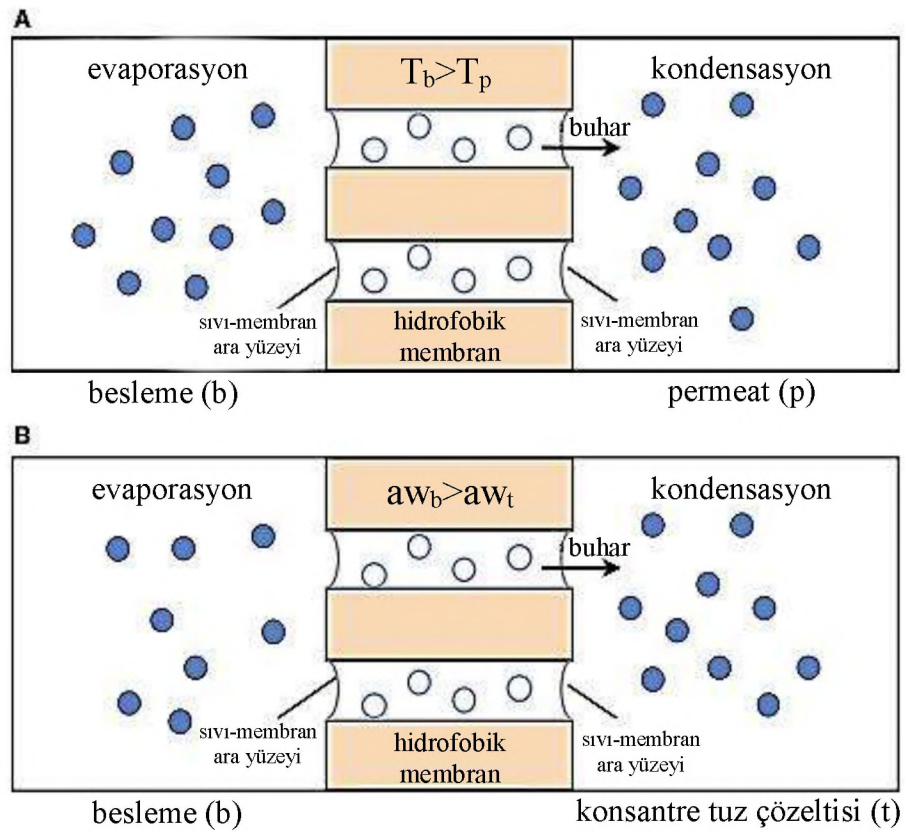
Meyve sularının da içerisinde bulunduğu farklı ürünlerin konsantrasyonunda nanofiltrasyon ve ters ozmoz gibi basıncın sürücü güç olduğu membran proseslerinin kullanımına yönelik çeşitli araştırmalar mevcuttur. Düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi dolayısıyla geleneksel ısı uygulamaların yol açtığı olumsuzluklar

engellenebilmekle birlikte, yüksek ozmotik basınç sınırlaması dolayısıyla bu uygulamalarda ancak 20-30°Bx seviyelerine ulaşılabilen ve bu anlamda daha ziyade ön konsantrasyon amacıyla kullanılabilir (Rodriguez ve ark., 2004). Buna karşılık son yıllarda ortaya çıkan yeni membran sistemleri içerisinde yer alan membran destilasyon ve ozmotik destilasyonun, meyve suyu konsantrasyonunda yüksek briks değerlerine ulaşmakta önemli bir potansiyel teşkil ettiği görülmektedir.

Membran destilasyon uygulamasında sıcaklıkları birbirinden farklı olan meyve suyu ve destile suyun mikroporöz hidrofobik bir membranla birbirlerinden ayrılması ile işlem gerçekleştirilir. Membran hidrofobik olduğu için suyun taşınma işlemi sıvı fazda yapılmaz. Bunun yerine sıcak taraftan soğuk tarafa doğru buhar geçişi meydana gelir. Bu uygulamadaki sürücü güç, 30-40°C arasında tutulan meyve suyu ile çok daha düşük sıcaklıklarda tutulan destile su arasındaki sıcaklıktan dolayı iki taraf arasında meydana gelen buhar basıncı farkından kaynaklanmaktadır (Jiao ve ark., 2004; Bhattacharjee ve ark., 2017). Bu sistemde kütle aktarımı üç aşamadan meydana gelmekte olup mekanizma ilk aşamada nispeten daha sıcak olan meyve suyu ile membran ara yüzünde su buharı oluşumu, ikinci aşamada oluşan su buharının mikroporöz membran boyunca taşınımı ve son aşamada ise soğuk çözelti (destile su) ile membran ara yüzünde su buharının yoğuşması şeklinde gerçekleşir (Şekil 2.7) (Jiao ve ark., 2004; Curcio ve Drioli, 2005).

Membran destilasyon için yaygın olarak kullanılan membranlar polipropilen (PP), polivinildiflorid (PVDF) ve politetrafluoetilen (PTFE) yapıda olup gözenek büyüklükleri de 10 nm - 1,0 µm düzeyindedir. Gözenek büyüklüğünün artması permeat akısını arttırmakla birlikte, bu sistemlerin en önemli sorunlarından olan hidrofobik membranın ıslanmasının engellenmesi noktasında küçük gözenek çapları tercih edilmektedir (El-Bourawi ve ark., 2006; Khayet, 2011; Bağcı, 2015). Kalınlığı az, porozitesi fazla olan membranlar daha hızlı bir akıya olanak sağlarlar. Membranın sahip olduğu porozite %65 ile %85 aralığında, optimum kalınlık değeri ise 30 - 60 µm aralığındadır (Bağcı, 2015). Spiral sargılı (spiral wound), düz yapılı (flat sheet), içi boşluklu (hollow fiber) ve kapiler yapıda membranların daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Membran destilasyon sistemlerinde en yaygın kullanılan membran konfigürasyonu ise “doğrudan temaslı membran destilasyonu” (direct

contact membrane distillation, DCMD) olup besleme akımı ve permeat sıvısının ikisi de membranla temas halindedir (Conidi ve ark., 2020b). Bu konfigürasyondaki ısı kayıplarını azaltma noktasında “hava boşluklu membran destilasyonu” (air gap membrane distillation, AGMD) ve permeat tarafına vakum uygulamasıyla gerçekleştirilen “vakum membran destilasyonu” (vacuum membrane distillation, VMD) gibi konfigürasyonlar da mevcuttur (El-Bourawi ve ark., 2006; Bağcı, 2015).



Şekil 2.7. Membran destilasyon (A) ve ozmotik destilasyon (B) proseslerinde temel mekanizmalar (Cassano ve ark., 2020)

Ozmotik destilasyonda ise membran destilasyonun aksine proses sırasında membranın iki yüzeyi arasına herhangi bir sıcaklık farkı uygulanmaz ve işlem atmosferik basınç altında oda sıcaklığında gerçekleştirilebilir. İzotermal membran destilasyon, membran evaporasyon ve ozmotik evaporasyon olarak da adlandırılan bu proseste farklı çözünen konsantrasyonuna sahip iki çözelti mikroporöz hidrofobik bir membranla birbirinden ayrılır (Cassano ve ark., 2020). Membranın bir yüzeyinde konsantrasyonu gerçekleştirilecek meyve suyu, diğer yüzeyinde ise yüksek çözünen

konsantrasyonuna sahip hipertonic bir tuz çözeltisi vardır. Burada da seyreltik çözeltiden hipertonic tuz çözeltisine doğru su buharının aktarımı söz konusudur (Şekil 2.7). Membranın her iki yüzeyindeki çözeltilerin çözünen madde konsantrasyonları arasındaki fark, buhar basınç farkı meydana getirerek konsantrasyonu gerçekleştirilecek seyreltik çözelti olan meyve suyundan hipertonic tuz çözeltisine doğru su buharı transferi gerçekleşmesine neden olmaktadır. Ozmotik destilasyonda da membran destilasyona benzer şekilde üç aşamalı bir transfer mekanizması söz konusu olup çözeltilerden seyreltik olan meyve suyu ile membran ara yüzeyinde su buharı oluşumu, su buharının membran boyunca taşınımı ve sonrasında membran ve tuzlu çözelti ara yüzeyinde su buharının yoğunlaşması söz konusudur (Nagaraj ve ark., 2006). Bu yöntemde de membran destilasyonda kullanılan membranlardan yararlanılabilmektedir. Kullanılan ozmotik ajanların ise yüksek ozmotik aktiviteye sahip olması yanında işlem sonrası seyrelen çözeltinin evaporasyonla tekrar konsantre edilerek kullanılmasının sağlanması noktasında termal olarak stabil olması tercih edilir. Bunun yanında çözünürlük, toksisite, koroziflik ve maliyet de ozmotik ajan seçiminde göz önünde bulundurulması gereken diğer faktörlerdir. Pek çok çalışmada NaCl ve CaCl₂'nin bu amaçla yaygın kullanıldığı görülmekle birlikte her iki çözeltinin de korozif etki göstermesi bu çözeltilerin dezavantajıdır (Shin ve Johnson, 2007). Ayrıca MgSO₄, MgCl₂, K₂HPO₄ ve KH₂PO₄ gibi çözeltileri kullanılabilir. Bu grup içerisinde CaCl₂ ve K₂HPO₄ çözeltilerinin diğerlerine göre daha iyi ozmotik özellik gösterdiği ifade edilmektedir (Babu ve ark., 2006). Bunların yanında gliserol ve poligliserol gibi organik çözücüler de ozmotik destilasyonda kullanılabilirler (Gryta, 2017).

Ozmotik destilasyon ve membran destilasyon yöntemlerinin kombine edilerek uygulandığı tümleşik sistemde ise hidrofobik membranın iki yüzeyinde ozmotik destilasyona benzer şekilde meyve suyu ile birlikte hipertonic tuz çözeltisi mevcutken, membran destilasyonda olduğu gibi her iki yüzey arasında sıcaklık farkı uygulanmaktadır. Dolayısıyla su buharı transferi açısından sürücü gücün artırılması ve konsantrasyon sürecinin hızlandırılması mümkün olmaktadır. Membran destilasyon ve ozmotik destilasyon sistemlerinin ayrıca diğer membran uygulamaları ile entegre edilerek de kullanılması söz konusudur. Bu noktada örneğin

ultrafiltrasyon ile berraklaştırılmış meyve sularının önce ters ozmoz ile ön konsantrasyonu yapılmakta ve sonrasında ise membran destilasyon, ozmotik destilasyon veya tümleşik sistem ile konsantrasyon süreci tamamlanmaktadır. Meyve suyu konsantrasyonunda membran destilasyon ve ozmotik destilasyon sistemlerinin kullanımı noktasındaki çalışmaların büyük çoğunluğu şu an itibariyle laboratuvar ölçeklidir. Nanofiltrasyon veya ters ozmoz gibi yöntemlere kıyasla akının düşük seviyede olması bu proseslerin endüstriyel kullanımı açısından en önemli kısıt olarak görülmektedir (Cassano ve ark., 2020). Bununla birlikte pilot ölçekli çalışmalar da gerçekleştirilmekte olup (Vaillant ve ark., 2001; Bui ve Nguyen, 2005; Cisse ve ark., 2011), mühendislik ve özellikle membran teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak endüstriyel kullanımının da yaygınlaşabileceği değerlendirilmektedir (Cassano ve ark., 2020).

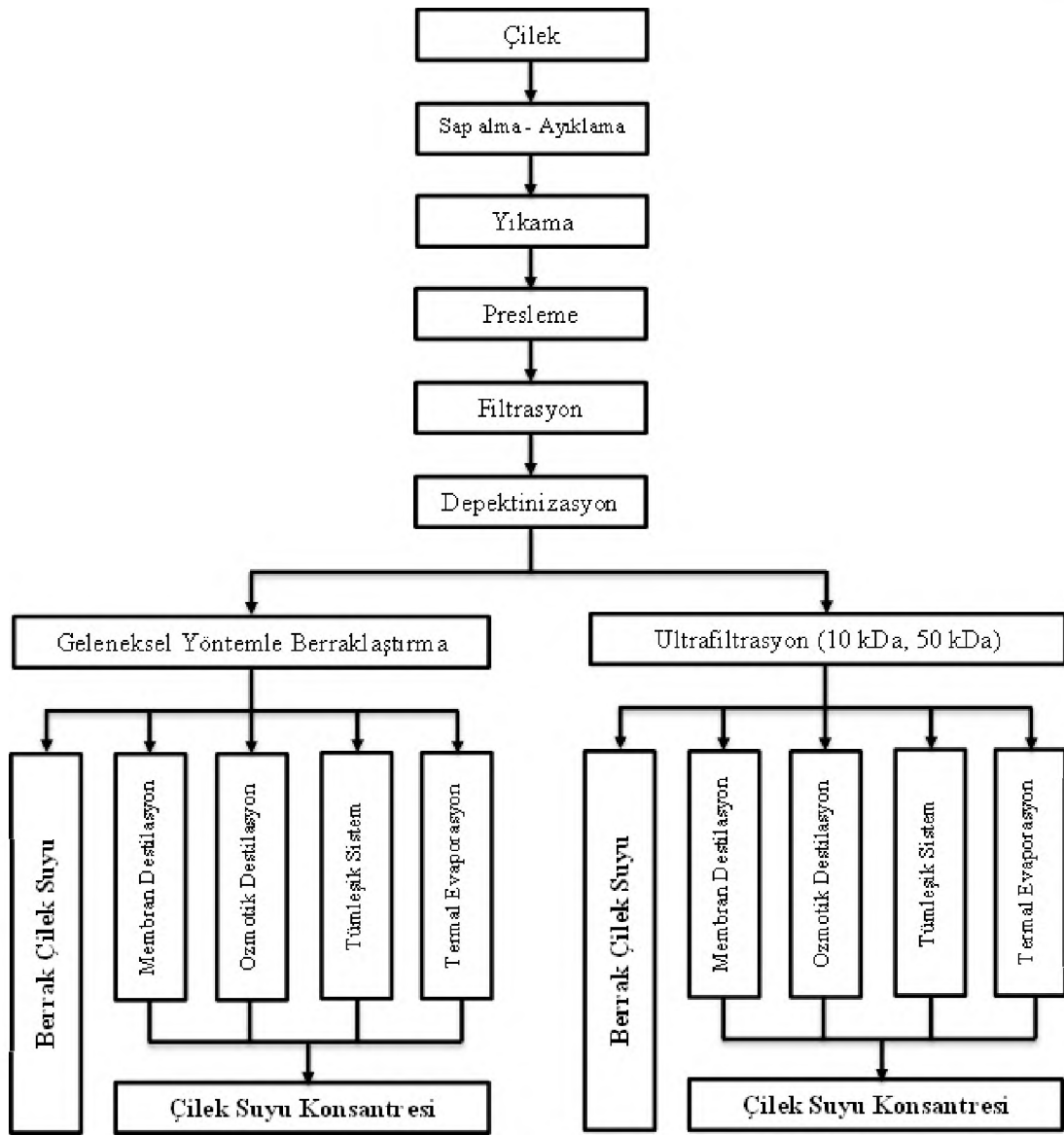
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

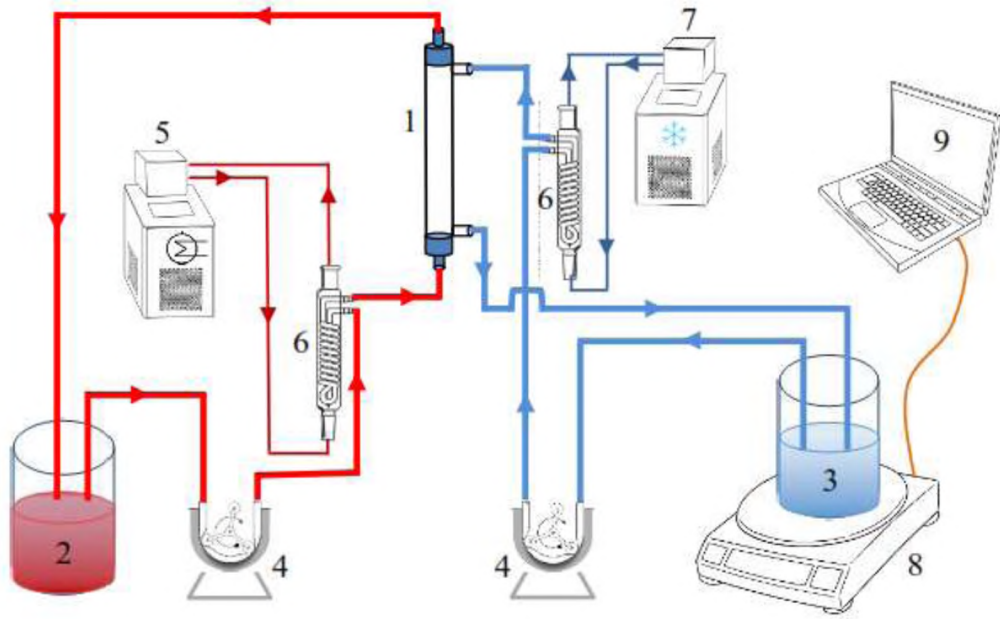
Tez çalışması kapsamında materyal olarak Çorum piyasasından temin edilen çilek örnekleri kullanılmıştır. Enzimler Erbslöh (Geisenheim, Almanya), kimyasal malzemeler ise Sigma-Aldrich ve Merck firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Berrak Çilek Suyu Üretimi ve Konsantrasyonu

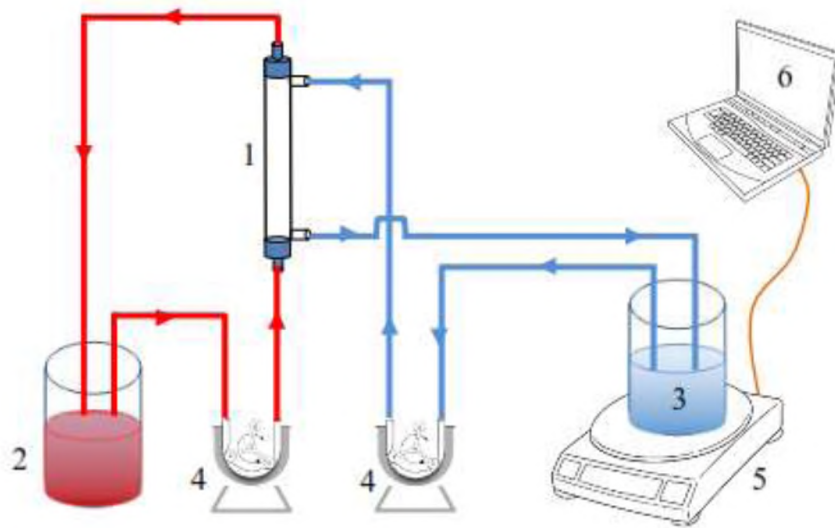
Şekil 3.1’de verilen üretim akım şeması baz alınarak laboratuvar koşullarında berrak çilek suyu üretimi ve konsantrasyonu gerçekleştirilmiştir. Saplarından ayıklanan ve yıkanan çilek örnekleri katı meyve sıkacağından (Sinbo, SJ-3143) geçirilerek ham çilek suyu elde edilmiştir. Ham meyve suyuna 0,5 mL/L düzeyinde pektolitik enzim (Fructozym P) ilavesi sonrasında 50°C’de 2 saat boyunca depektinizasyon işlemi yapılmıştır. Filtre edilen depektinize çilek suyu örnekleri üç gruba ayrılmış, birinci grup geleneksel yöntemle berraklaştırma (0,5 g/L jelatin ve 2,5 g/L bentonit, 45°C’de 2 saat), diğer iki grup ise ultrafiltrasyon ile berraklaştırma işlemine tabii tutulmuşlardır. Ultrafiltrasyon işlemi Vivaflow 200 (Sartorius AG, Goettingen, Almanya) ünitesi kullanılarak 0,2 m² membran yüzey alanı ve polieter sülfon yapıda 10 kDa ve 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip membranlar ile gerçekleştirilmiştir. Berrak çilek suyu eldesi sonrasında her bir gruptaki örneklerden, membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD), tümleşik sistem (OD+MD) ve geleneksel termal evaporasyon yöntemleri ile çilek suyu konsantrasyonu elde edilmiştir. Geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantrasyon işlemi 70°C sıcaklıkta döner buharlaştırıcı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, membran sistemleri ile konsantrasyon işlemlerine ait deney düzenekleri ise Şekil 3.2 – 3.4’de şematize edilerek verilmiştir.



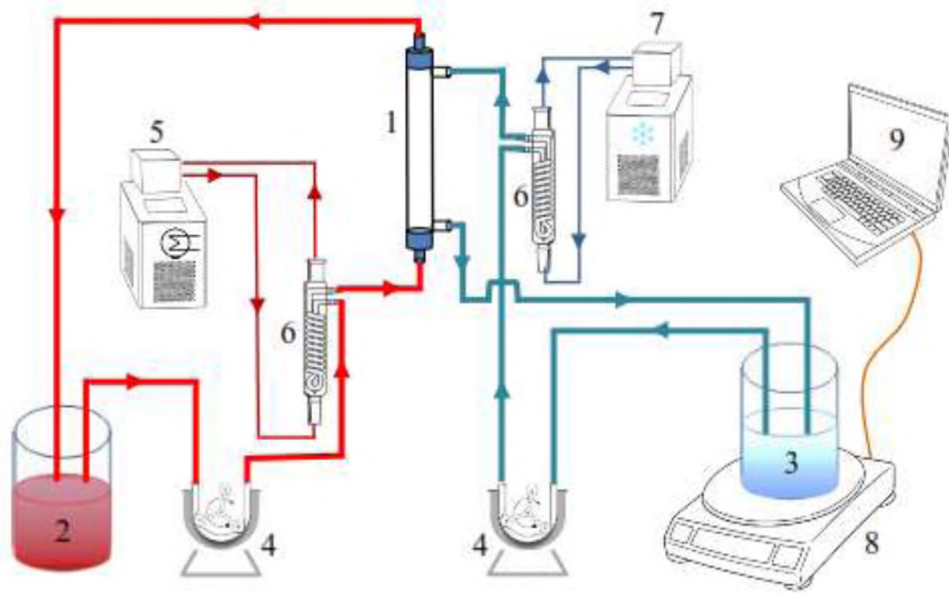
Şekil 3.1. Farklı yöntemler kullanılarak laboratuvar koşullarında berrak çilek suyu ve çilek suyu konsantresi üretim akım şeması



Şekil 3.2. Membran destilasyon sistemi (1. membran modülü, 2. meyve suyu, 3. deiyonize su, 4. peristaltik pompa, 5. ısıtıcı sistem, 6. ısı değiştirici, 7. soğutucu sistem, 8. terazi, 9. bilgisayar)



Şekil 3.3. Ozmotik destilasyon sistemi (1. membran modülü, 2. meyve suyu, 3. konsantre tuz çözeltilisi, 4. peristaltik pompa, 5. terazi, 6. bilgisayar)



Şekil 3.4. Tümleşik membran sistemi (1. membran modülü, 2. meyve suyu, 3. konsantre tuz çözeltisi, 4. peristaltik pompa, 5. ısıtıcı sistem, 6. ısı değiştirici, 7. soğutucu sistem, 8. terazi, 9. bilgisayar)

Membran sistemleri ile konsantrasyon işlemi, polipropilen yapıda, $0,1 \text{ m}^2$ membran yüzey alanına sahip, $0,2 \text{ }\mu\text{m}$ gözenek çapına sahip hidrofobik karakterde kapiler membran modülü (MD 020 CP 2N, Microdyn) ile gerçekleştirilmiş olup, membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik sistem uygulamasına bağlı olarak farklı parametrelerin kullanımı söz konusu olmuştur.

Membran destilasyon işleminde, çilek suyu ve destile su 30 L/h akış hızında ters akımlı olarak besleme gerçekleştirilmiştir. Membran giriş noktalarındaki çilek suyunun sıcaklığı 35°C , destile su sıcaklığı ise 15°C 'de tutularak, sıcaklık farkının 20°C olması sağlanmıştır. Ozmotik destilasyon işleminde destile su yerine, hipertonic tuz çözeltisi ($\%65 \text{ CaCl}_2$, m/m), membrana çilek suyu ile ters akımlı olarak 30 L/h akış hızı ile beslenmiştir. Bu uygulama oda sıcaklığında gerçekleştirilmiş olup, membranın iki yüzeyi arasında herhangi bir sıcaklık farkı uygulanmamıştır. Tümleşik uygulamada ise ozmotik destilasyona benzer şekilde hipertonic tuz çözeltisi kullanımı söz konusudur ve membran destilasyona benzer şekilde membran yüzeyleri arasında 20°C sıcaklık farkı uygulanmıştır.

Her bir konsantrasyon prosesi için 1500 g çilek suyu kullanılmış olup, ozmotik destilasyon ve tümleşik proste kullanılan %65 CaCl₂ miktarı ise 5300 g seviyesindedir. Örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri 50°Bx'in üzerine çıkılana kadar konsantrasyona devam edilmiş, farklı metotlarla konsantre edilen örnekler, kuru madde içerikleri konsantrasyon öncesi seviyeye (8°Bx) seyreltilerek kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Membran destilasyon ve ozmotik destilasyon ile konsantrasyon proseslerinin her biri uygulanan koşullar altında 16-17 saatte, tümleşik sistem ile gerçekleştirilenler ise yaklaşık 9 saatte tamamlanmıştır.

3.3. Depolama Çalışmaları

Çilek suyunun depolanması sürecinde çeşitli ürün karakteristiklerindeki değişimlerin ortaya konabilmesi noktasında depolama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Şekil 3.1'de belirtilen yöntem takip edilerek depektinize edilen örnekler 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış, 200 mL'lik şişelere 180 mL dolum ve kapak kapatma ardından kaynar suda 5 dak pastörizasyon uygulanmıştır. Örneklerin bir kısmı buzdolabı sıcaklığında (+4°C) diğer kısmı ise oda sıcaklığında (~22°C) 6 ay süreyle depolanmıştır. Depolamanın başlangıcında, 15. gün sonunda ve sonraki dönemde aylık periyotlarla örnek alınarak duyuusal ve fizikokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

3.4. Fizikokimyasal Analizler

3.4.1. Suda çözünür kuru madde tayini

Örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri dijital refraktometre (Atago PAL3) ile ölçülmüş ve °Bx olarak ifade edilmiştir (Candrawinata ve ark., 2002).

3.4.2. pH analizi

Çilek suyu örneklerin pH değerleri, pH 7.0 ve pH 4.0 tampon çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilen kalibrasyon işleminin ardından pH metre yardımıyla (Adwa AD1020) ölçülmüştür (Cao ve ark., 2018).

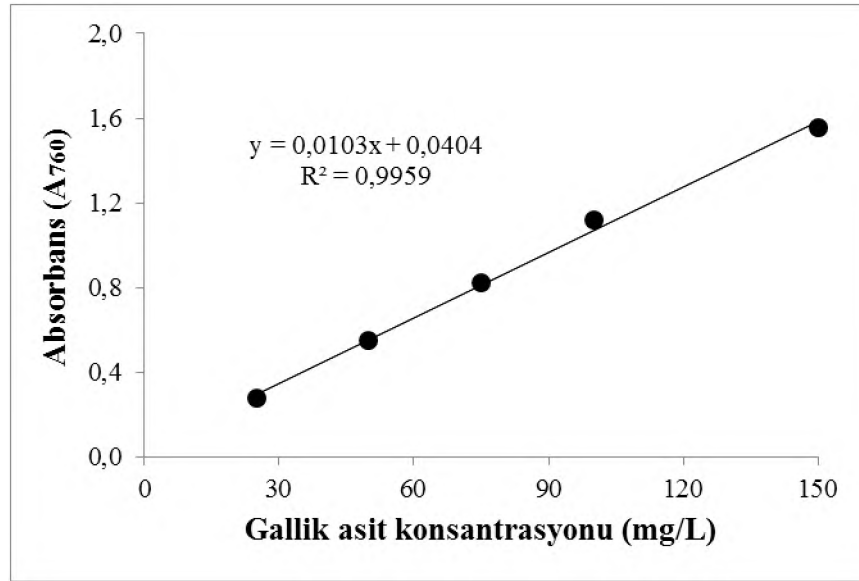
3.4.3. Toplam asitlik tayini

Toplam asitlik tayini, pH metre kullanılarak (Adwa AD1020) potansiyometrik yöntemle belirlenmiştir. Çilek suyu örneklerinden 10 mL alınıp üzerine 50 mL damıtık su eklenmiş, manyetik karıştırıcı üzerinde çözeltiliye pH metre probu daldırılıp pH 8,1 olana kadar 0,1 N NaOH ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Harcanan NaOH miktarı üzerinden toplam asitlik susuz sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (Cassani ve ark., 2016).

3.4.3. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde analizi, Nunes ve ark. (2006) tarafından kullanılan Folin-Ciocalteu yöntemi modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Yöntemin ilkesi, örnekte bulunan fenolik bileşenlerin Folin-Ciocalteu çözeltilisinin fosfomolibik-fosfotungustik çözeltilisini indirgeyerek mavi renkli kompleks oluşturması ve meydana gelen bu rengin ölçülmesine dayanmaktadır.

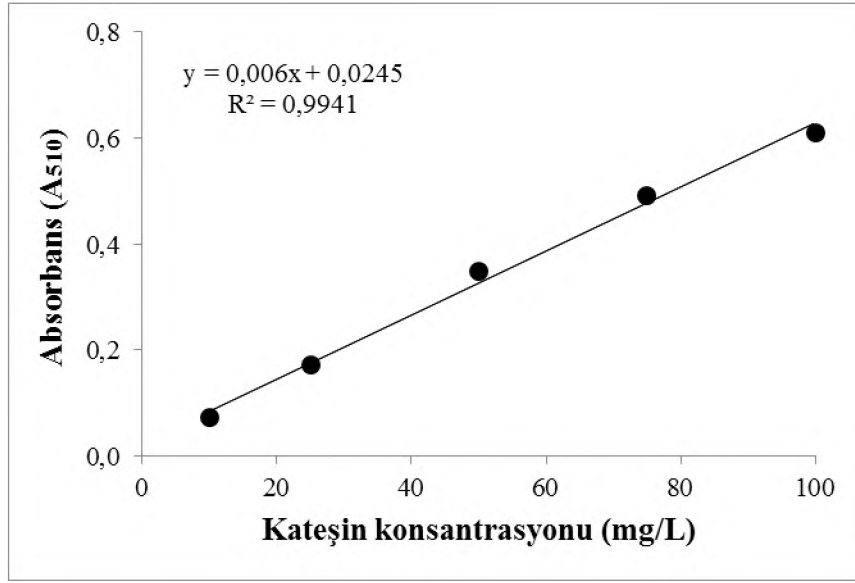
Çilek suyu örneklerine 1:10 oranında seyreltme işlemi uygulandıktan sonra, 0,1 mL örnek alınarak üzerine 1,0 mL 0,2 N Folin-Ciocalteu's fenol çözeltilisi ve 0,8 mL 2 M Na_2CO_3 eklenmiş, karıştırma işleminin ardından örnekler karanlıkta oda sıcaklığında 1 saat bekletilmişlerdir ve süre sonunda 760 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Aynı işlemler farklı konsantrasyonlarda (25, 50, 75, 100, 150 mg/L) hazırlanan gallik asit standart çözeltileri ile de gerçekleştirilmiş ve örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı gallik asit standart eğrisi (Şekil 3.5) yardımıyla hesaplanmıştır. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.



Şekil 3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.4.5. Toplam flavonoid analizi

Çilek suyu örneklerinde toplam flavonoid analizi Shin ve ark. (2007) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. 1:5 oranında seyreltilen örneklerden 1,0 mL alınıp üzerine 100 µL %10'luk NaNO₂ eklenip karıştırıldıktan sonra 5 dak beklenmiştir. 100 µL %5'lik AlCl₃ ilavesi ve tekrar 5 dak bekleme sonunda 1 mL 1 N NaOH ilave edilmiş ve hacim su ile 5 mL'ye tamamlanmıştır. 30 dak sonra spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda absorbans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerde bulunan toplam flavonoid miktarı, daha önce farklı konsantrasyonlarda hazırlanan kateşin çözeltilerinin (2,5, 5, 10, 25 ve 50 mg/L) absorbans değerlerinden elde edilen standart eğri (Şekil 3.6) yardımıyla hesaplanmış, sonuçlar kateşin eşdeğeri olarak verilmiştir.



Şekil 3.6. Kateşin kalibrasyon eğrisi

3.4.6. Antosiyanin analizi

Çilek suyu örneklerindeki toplam monomerik antosiyanin miktarı, pH diferansiyel metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Metodun ilkesi, monomerik antosiyaninlerin pH 1,0'de renkli oksonium formunun, pH 4,5'de ise, renksiz hemiketal formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre ortam pH 1,0 ve pH 4,5 olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı, doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır (Özkan ve ark., 2010).

Analizi gerçekleştirilen her bir çilek suyu örneği, biri tampon olarak potasyum klorür (pH 1,0) diğeri ise tampon olarak sodyum asetat (pH 4,5) kullanılarak uygun oranda seyreltikten sonra örneklerin absorbans değerleri 503 nm ve 700 nm dalga boylarında suya karşı ölçülmüştür ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla monomerik antosiyaninlerden kaynaklanan absorbans (A) değeri hesaplanmıştır.

$$A = (A_{503} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{503} - A_{700})_{\text{pH } 4,5}$$

Örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin konsantrasyonunu ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Monomerik antosiyaninler, mg/L} = [(A)(MA)(SF)1000] / [(\epsilon)(l)]$$

Burada;

A: düzeltilerek hesaplanmış absorbans farkı

MA: baz alınan antosiyaninin molekül ağırlığı, siyanidin-3-glukozid için 449,2

ϵ : molar absorpsiyon katsayısı, siyanidin-3-glukozid için 26900

SF: seyreltme faktörü

l: spektrofotometre küvet kalınlığı, 1 cm

3.4.7. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini

Antosiyaninlerin parçalanma ölçütü tayininde kullanılan bisülfid ağartma yönteminin temelinde, bisülfid ile muamele edilen ve edilmeyen örneklerin verdikleri absorbanların ölçülmesine dayanmaktadır. Bisülfid çözeltisi eklenen örneklerdeki monomerik antosiyaninler bisülfid ile reaksiyona girerek renksiz bileşikler meydana getirirler. Fakat koyu renkteki melanoidin pigmentleri ve “polimerik antosiyanin-tanen” kompleksleri bisülfidin sebep olduğu ağartmalara karşı koyarak renklerini muhafaza ederler. Ortamda, bu koyu renkli pigmentlerin konsantrasyonu yükseldikçe 400-440 nm aralığında okunan absorpsiyon değeri de yükselir. Dolayısıyla bisülfid uygulanmayan örneklerin maksimum absorbans verdiği dalga boyunda ve bisülfid uygulananların ise 420 nm dalga boyundaki absorbans değerleri kullanılarak “renk yoğunluğu”, “polimerik renk” ve “polimerik renk oranı” belirlenebilmektedir (Özkan ve ark., 2010).

Uygun oranda seyreltilen örneklerden iki farklı spektrofotometre küvetine 1,9 mL alınarak birinin üzerine 0,1 mL bisülfid, diğerinin üzerine ise 0,1 mL deiyonize su eklenmiş ve 15 dak bekletilmişlerdir. Süre sonunda her iki küvetteki çözeltilerin 420 nm, λ_{max} (503 nm) ve 700 nm dalga boylarındaki absorbans değerleri saf suya karşı okunmuştur.

Bisülfıt ile muamele edilmeyen küvetteki örneğin, 420 ve 503 nm dalga boylarında verdiği absorbanların toplamı ile “renk yoğunluğu” bulunmuş olup seyreltme faktörü de (SF) dikkate alınarak aşığıdaki eşıtlık yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Renk yoğunluğu} = [(A_{503} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})]. (SF)$$

Bisülfıt ile muamele edilen küvetteki örneğin, 420 ve 503 nm dalga boylarında verdiği absorbanların toplamı ile de “polimerik renk” değerleri bulunmuş olup seyreltme faktörü de (SF) dikkate alınarak aşığıdaki eşıtlık yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Polimerik renk} = [(A_{503} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})]. (SF)$$

Polimerik rengin renk yoğunluğuna oranı ise, polimerik renk yüzdesi veya polimerik renk oranı olarak ifade edilmekte olup aşığıdaki eşıtlikle hesaplanmıştır.

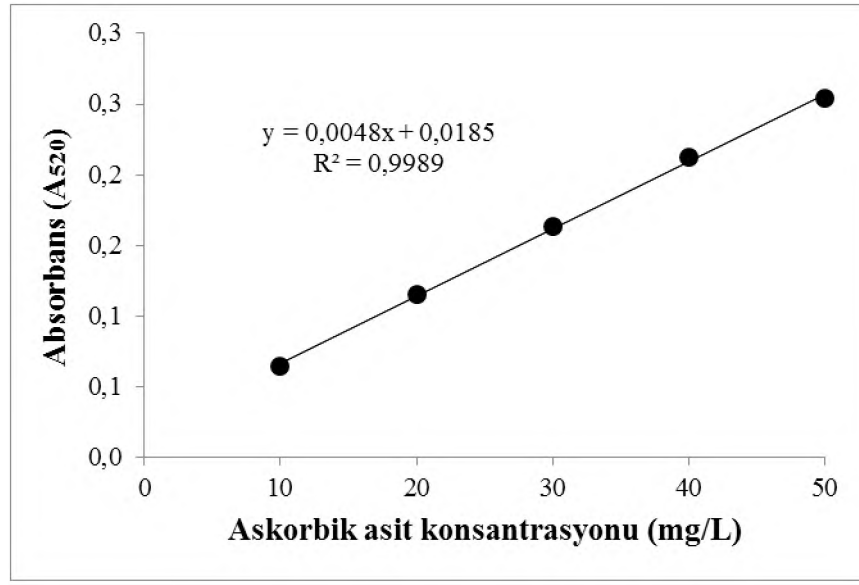
$$\text{Polimerik renk oranı} = \frac{\text{Polimerik renk}}{\text{Renk yoğunluğu}} \cdot 100$$

3.4.8. Askorbik asit analizi

Askorbik asit tayini Başıoğlu ve Uylaşer (2016) tarafından belirtilen spektrofotometrik yöntemle gerçekleştirilmiş olup yöntemin temeli stabilize edici madde ile seyreltilen örneğin 2,6 diklorfenolindofenol boya çözeltilisi (12 mg/L) ile karıştırıldıktan sonra absorban değerinin spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okunması esasına dayanmaktadır. Çalışmada stabilize madde olarak meta-fosforik asit çözeltilisi (%5) kullanılmıştır.

Saf askorbik asit çözeltilisinden farklı konsantrasyonlarda (10, 20, 30, 40, 50 mg/L) standart çözeltiler hazırlandıktan sonra boyanın rengini indirgeme özelliğine bağlı olarak kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur (Şekil 3.7). Bu amaçla 1 mL standart askorbik asit çözeltilisi üzerine 9 mL boya çözeltilisi eklendikten sonra karıştırılan örneklerin 15 s sonunda spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda absorban

değerleri ölçülmüştür. Kör deneme amacıyla ise örnek yerine 1 mL stabilize edici madde kullanılmıştır. Örneklerin 2,6 diklorfenolindofenol boya çözeltisini indirgeme oranları da belirlendikten sonra standart çözeltisi ile hazırlanan kalibrasyon grafiğinden yararlanılarak askorbik asit miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. Askorbik asit kalibrasyon eğrisi

3.4.9. Antioksidan aktivite analizi

Antioksidan aktivite analizinde iki yöntem kullanılmıştır. İlk yöntem olan ABTS radikal katyonunun kullanıldığı yöntemde, Adorno ve ark. (2017) uyguladığı metot modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu yöntemde stabil olarak ABTS radikal katyonu oluşturulup antioksidan maddenin bu katyonu sönmülendirerek 734 nm dalga boyunda verdiği absorbansın (yeşil-mavi renk) azalımıyla (%inhibisyon) ölçüm yapılır. 2,45 mM potasyum persülfat içeren 7 mM ABTS çözeltisi hazırlanarak karanlık ve oda sıcaklığı şartlarında 16 saat bekletilmesi ile stok radikal çözelti elde edilmiştir. Elde edilen radikal çözelti analizden önce 734 nm'de yaklaşık olarak 0,720 absorbansa seyreltilmiştir. 1:40 oranında seyreltilen örneklerden 100 µL alınarak 1,9 mL ABTS radikal çözeltisinin üstüne eklenip karıştırılmıştır. 6 dakika sonunda, 734 nm dalga boyunda verdiği absorbans değeri ölçülmüştür. İşlem

sonucunda harcanmış olan ABTS miktarı sentetik antioksidan olan troloks eşdeğeri olarak hesaplanmış ve sonuç mM TEAC olarak verilmiştir.

DPPH yöntemi de, antioksidan bileşiklerin mor renkli stabil bir bileşik olan DPPH* (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikalini indirgeme yeteneklerinin ölçümüne dayanmaktadır. Söz konusu radikalini, test bileşiği ile reaksiyonundan sonra indirgenmesi sonucu renkte meydana gelen azalma spektrofotometrik olarak 517 nm dalga boyunda ölçülmektedir. Çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içeriklerinin belirlenmesinde Jakobek ve ark. (2007) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Yukarıda belirtildiği gibi seyreltilmiş örneklerden 100 µL alınarak üzerine metanolde hazırlanan 1,9 mL 0,1 mM'lik DPPH radikal çözeltisi ilave edilmiş ve iyice karıştırılan örnekler, oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dak beletildikten sonra spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda metanole karşı absorbans okuması gerçekleştirilmiştir. Aynı işlem kör deneme olarak örnek çözeltisi yerine 100 µL metanol çözeltisi üzerine 1,9 mL radikal ilavesi ile de gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonucu harcanan radikal miktarı troloks eşdeğeri olarak hesaplanmış ve mM TEAC olarak verilmiştir.

3.4.10. Renk analizi

L*, a* ve b* renk değerleri, Minolta renk ölçüm spektrofotometresi (Minolta CM-3600d) kullanılarak ölçülmüştür. CIE (Commision Internationale del'Eclairage) renk değerlerine göre L* değeri parlaklığın göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) aralığında değer almaktadır. a* değeri kırmızı-yeşil ve b* değeri ise sarı-mavi skalayı göstermektedir (Wang ve ark., 2019a). Söz konusu renk parametrelerinin yanında C*, h* ve ΔE değerleri hesaplanmıştır.

C* değeri *chroma* olarak isimlendirilmekte ve aşağıdaki eşitliğe bağlı olarak a* ve b* değerlerinden hesaplanabilmektedir. Değer yükseldikçe renk daha parlak, küçüldükçe ise daha mat olarak gözlenir. h* ise derece olarak *hue* açısını göstermekte olup 0° +a* eksenine (kırmızı), 90° +b* eksenine (sarı), 180° -a* eksenine (yeşil) ve 270° -b* eksenine (mavi) karşılık gelmekte ve yine a* ve b*

değerleri kullanılarak matematiksel olarak hesaplanabilmektedir (Aaby ve ark., 2018).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

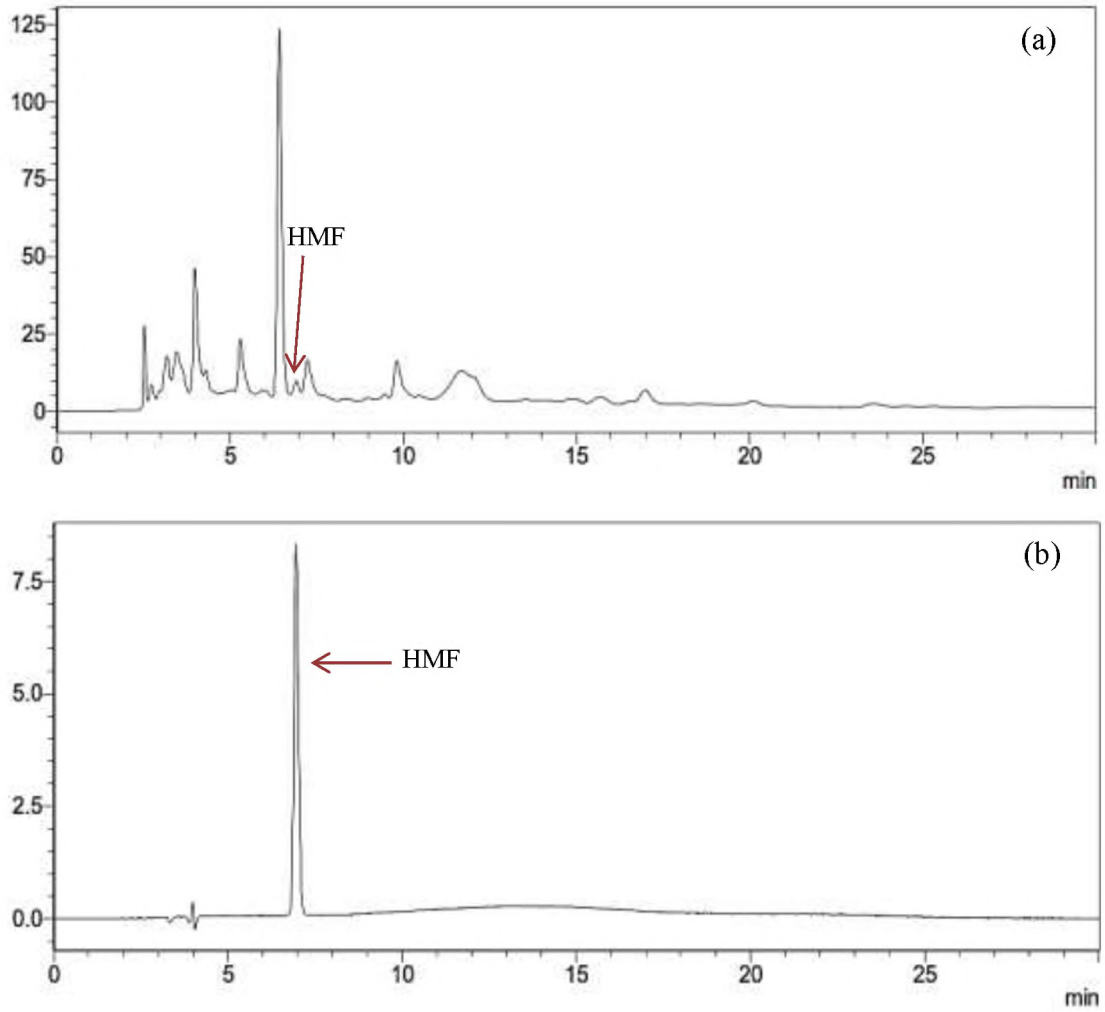
$$h^* = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$

ΔE^* değeri ise, iki örnek arasındaki “toplam renk farkı”nı tek başına ifade etmektedir. ΔE^* ne kadar büyükse karşılaştırılan renklerin arasındaki fark da o kadar büyüktür. Bu değer de aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu eşitlikte L_o^* , a_o^* , b_o^* değerleri kontrol örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri ise analizi gerçekleştirilen örneklerin renk değerleridir (Feng ve ark., 2020).

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2}$$

3.4.11. HMF analizi

HMF analizi amacıyla örnekler Carrez I ve Carrez II kullanılarak durultulduktan sonra, uygun seyreltme işlemlerinin ardından 0,45 μ m filtreden geçirilmiş ve 20 μ L örnek HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Bu amaçla kuaterner pompa, otomatik örnek enjeksiyon sistemi, diode array dedektör (DAD) ve sıcaklık kontrollü kolon fırını içeren bir Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi sisteminden (Shimadzu, Kyota, Japonya) yararlanılmıştır. Mobil faz olarak 1,0 mL/dak akış hızında, 10 mM formik asit ve asetonitril karışımı (90:10, v/v) kullanılmıştır. Kromatografik seperasyon Inertsil C₁₈ kolonda (4,6x250 mm, 5 μ m) ve 40°C’de gerçekleştirilmiştir (Onsekizoğlu ve ark., 2010). Kromatogramlar ise 284 nm dalga boyunda kaydedilmiş olup Şekil 3.8’de HMF standardı ve numunelere ait örnek HPLC kromatogramları gösterilmiştir.

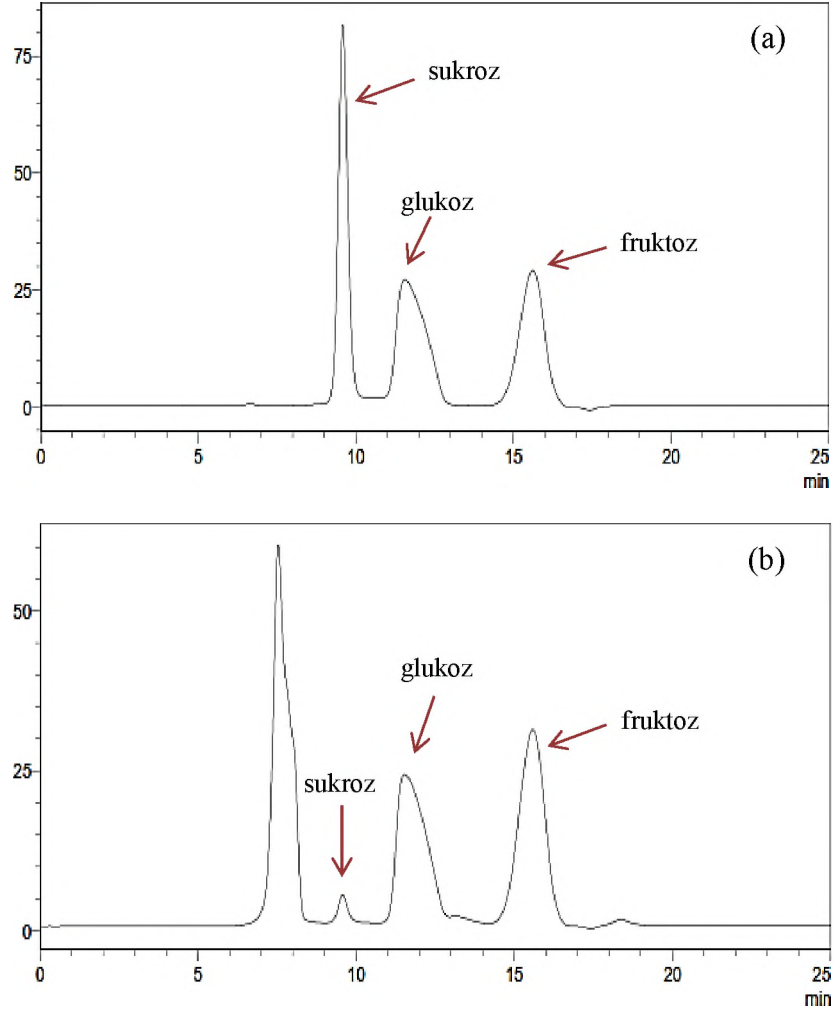


Şekil 3.8. (a) Termal evaporasyonla konsantre edilen çilek suyu örneğine ve (b) HMF standardına ait HPLC kromatogramları

3.4.12. Şeker analizi

Şeker analizi HPLC yöntemi ile belirlenmiş olup bu amaçla kuaterner pompa, otomatik örnek enjeksiyon sistemi, refraktif indeks dedektör ve sıcaklık kontrollü kolon fırını içeren bir Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi sisteminden (Shimadzu, Kyoto, Japonya) yararlanılmıştır. Carrez çözeltileri ile durultulmuş örnekler uygun oranda seyreltildikten sonra 0,45 μm filtreden geçirilmiş ve 20 μL örnek HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Mobil faz olarak 0,5 mL/dak akış hızında deiyonize su (80°C) kullanılmıştır. Kromatografik seperasyon Transgenomic CARBOsep CHO820 kolonda (7,8x300 mm) gerçekleştirilmiş, örneklerdeki şeker varlığı ve konsantrasyonları, alıkonma sürelerinin standartlarla karşılaştırılması ve

pik alanlarına bağlı olarak bu standartlarla hazırlanan kalibrasyon grafikleri üzerinden belirlenmiştir. Şekil 3.9’da şeker standartları ve numunelere ait örnek HPLC kromatogramları gösterilmiştir.



Şekil 3.9. (a) Şeker standartlarına suyu ve (b) membran destilasyon ile konsantre edilen çilek suyu örneğine ait HPLC kromatogramları

3.5. Duyusal Analizler

Depolama çalışmaları kapsamındaki örneklerin duyusal analizi 10 panelist tarafından renk, tat ve koku üzerinden aşağıdaki çizelgede verilmiş hedonik skalaya göre puanlandırılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Duyusal değerlendirme formu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Renk									
Tat									
Koku									

1: aşırı kötü; 2: çok kötü; 3: orta kötü; 4: biraz kötü; 5: normal; 6: biraz iyi; 7: orta iyi; 8: çok iyi; 9: aşırı iyi

3.6. İstatistiksel Analizler

Berrak çilek suyu ve konsantresi üretimi aşamalarında uygulanan farklı proseslerin, ürün karakteristikleri üzerine etkileri SPSS 16.0 for Windows paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş olup, istatistiksel olarak farklı grupların karşılaştırmasında ise Duncan testi kullanılmıştır (EK-1 ve EK-2).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Berraklaştırma ve Konsantrasyon Yöntemlerinin Çilek Suyunun Çeşitli Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

Geleneksel olarak uygulanan jelatin-bentonit ile berraklaştırma yanında iki farklı büyüklükte gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin, membran destilasyon, ozmotik destilasyon, tümleşik sistem ve termal evaporasyon ile konsantre edildikten sonra başlangıç suda çözünür kuru madde içeriğine (8°Bx) geri sulandırılması sonrasında gerçekleştirilen pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid analizlere ait sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Meyve sularının pH değerleri elde edildiği meyvenin çeşidi, yetiştirme koşulları, olgunluk durumu vb. faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Çilek ve çilek suyu açısından literatür verileri incelendiğinde genel olarak pH 3,0 – 3,5 aralığında değerler rapor edilmektedir (Marszalek ve ark., 2015; Odriozola-Serrano ve ark., 2016; Bhat ve Goh, 2017; Turk ve ark., 2017; Aaby ve ark., 2018; Yıldız ve ark., 2019). Tez çalışması kapsamında çilek suyu örneklerinin pH değerleri ortalama $3,29 \pm 0,02$ seviyelerinde olup, berrak çilek suyu üretiminde farklı berraklaştırma ya da konsantrasyon proseslerinin örneklerin pH değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ve tüm örneklerde benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.1-4.2). Varyans analizi sonuçları da geleneksel berraklaştırma ya da ultrafiltrasyon kullanımının veya konsantrasyon amacıyla termal evaporasyon ya da membran sistemlerinden yararlanılmasının çilek suyu örneklerinin pH değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa yol açmadığını ortaya koymuştur ($p > 0,05$). Yilmaz ve Bagci (2018) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada da 50 kDa ultrafiltrasyon membranı kullanılarak berraklaştırılan brokoli suyu örneklerinin ozmotik destilasyon ile konsantrasyonu neticesinde söz konusu berraklaştırma ve konsantrasyon proseslerinin ürünün pH değeri üzerine bir etkisinin olmadığı rapor edilmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içerikleri

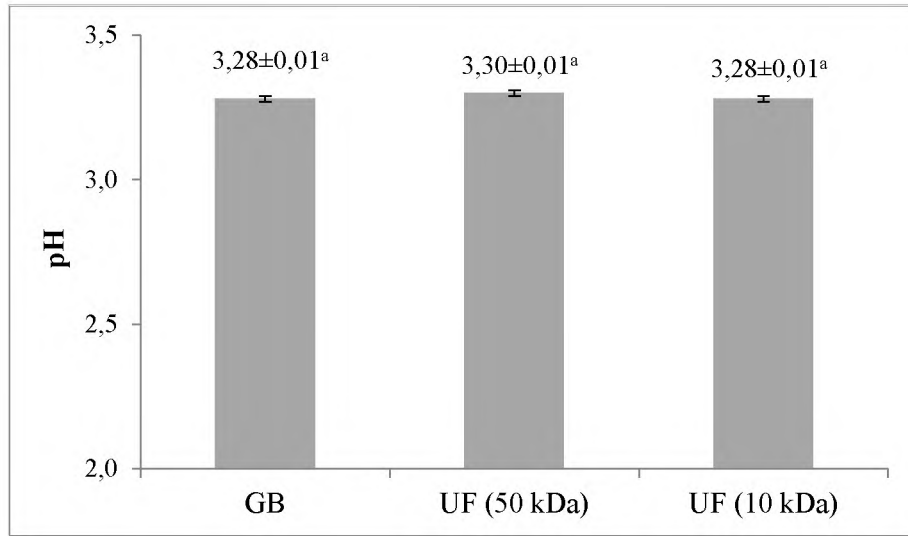
Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	pH	Toplam asitlik ¹ , (%)	Toplam fenolik madde ² (mg/L)	Toplam flavonoid ³ (mg/L)
1	GD	MD	3,30±0,01	1,02±0,01	1158±18	227±15
2	GD	OD	3,26±0,01	1,04±0,01	1160±8	222±10
3	GD	MD+OD	3,26±0,01	1,04±0,01	1215±16	220±8
4	GD	TE	3,30±0,02	1,03±0,02	1027±22	229±10
5	UF (50 kDa)	MD	3,29±0,01	1,02±0,01	1165±58	226±16
6	UF (50 kDa)	OD	3,31±0,01	1,03±0,01	1183±58	226±10
7	UF (50 kDa)	MD+OD	3,29±0,01	1,04±0,01	1231±35	221±3
8	UF (50 kDa)	TE	3,31±0,01	1,00±0,01	940±12	223±15
9	UF (10 kDa)	MD	3,27±0,01	1,03±0,01	975±5	162±7
10	UF (10 kDa)	OD	3,28±0,00	1,04±0,00	983±15	159±8
11	UF (10 kDa)	MD+OD	3,28±0,02	1,04±0,01	1045±11	170±5
12	UF (10 kDa)	TE	3,31±0,00	1,03±0,02	783±3	121±9

GD: Geleneksel durultma; UF: Ultrafiltrasyon; MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem; TE: Termal evaporasyon

¹: Toplam asitlik sitrik asit cinsinden ifade edilmiştir.

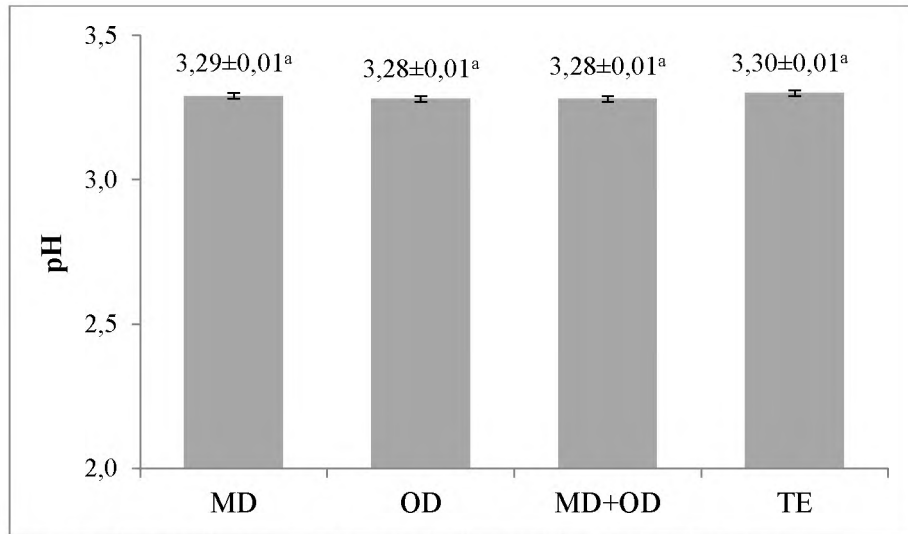
²: Toplam fenolik madde gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.

³: Toplam flavonoid içeriği kateşin eşdeğeri olarak verilmiştir.



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.1. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin ortalama pH değerleri

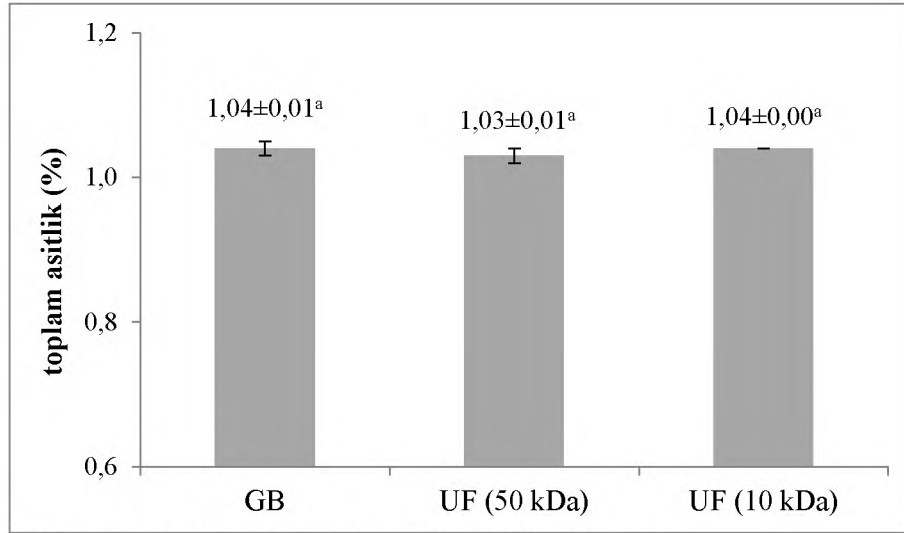


MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin ortalama pH değerleri

Çilek suyu örneklerinin toplam asitlik içeriği (%) ortalama $1,03\pm0,2$ seviyesinde olup, söz konusu verilerin Bhat ve Goh (2017) tarafından rapor edilen $\%1,37$ değerinden düşük, buna karşılık Bermejo-Prada ve Otero (2016) ve Tomadoni ve ark. (2016b) tarafından rapor edilen sırasıyla $\%0,68$ ve $\%0,78$ değerlerinden yüksek

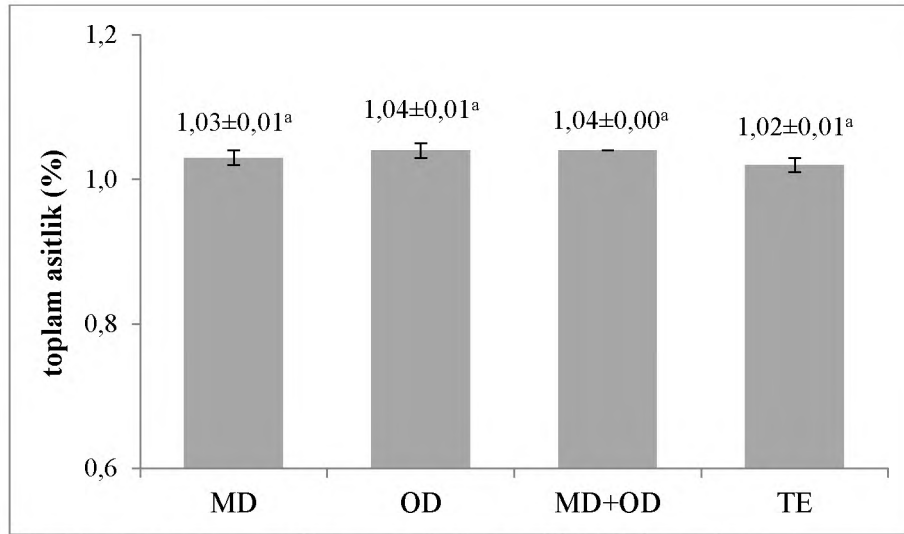
olduğu görülmektedir. pH açısından yapılan değerlendirmeye benzer Şekilde toplam asitlik noktasında da ilek suyu ve konsantresi üretim sürecinde kullanılan berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemlerinin, toplam asitlik değerlerini etkilemediği ve bu proseslerin ilek suyu rneklelerinin toplam asitlik değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Şekil 4.3-4.4). Benzer Şekilde Karagöz (2019) ve Lafcı (2019) tarafından karadut suyu ve kara havuç suyu üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda da farklı membranlarla berraklaştırma uygulamalarının ve membran sistemleri ile konsantrasyon proseslerinin ürünlerin toplam asitlik değerleri üzerine bir etkisinin olmadığı bildirilmektedir.



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.3. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan ilek suyu rneklelerinin toplam asitlik içerikleri

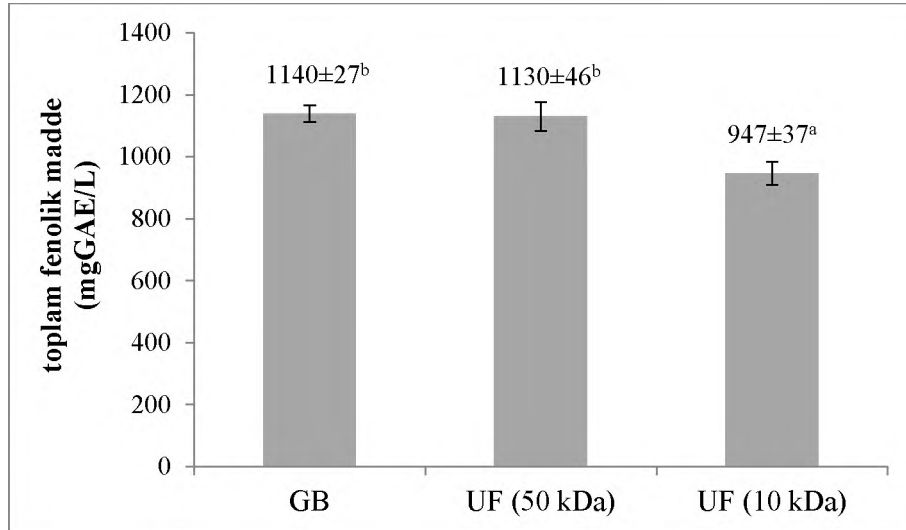


MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.4. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam asitlik içerikleri

Son derece geniş bir çeşitliliğe sahip olan fenolik bileşenler, özellikle sağlık üzerindeki olumlu etkileri dolayısıyla üzerinde önemle durulan bir grup olup, yapılan epidemiyolojik çalışmalar polifenol içeriği yüksek ürünlerin tüketimi ile çeşitli kanserler, kalp hastalıkları, diyabet ve viral enfeksiyonlar gibi pek çok hastalığa yakalanma riskinin azalması arasında önemli bir pozitif ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Liu, 2003; Guine ve Barroca, 2016). Meyvelerde bulunan fenolik bileşenlerin miktarı ise meyvenin türü, genetik ve çevresel faktörler yanında bu meyvelerin çeşitli ürünlere işlenmeleri sırasında uygulanan proseslerden de farklı düzeylerde etkilenmektedir. Meyve suyu üretim sürecinde de enzimatik uygulamalar, berraklaştırma ve ısıl işlem süreçleri fenolik bileşen konsantrasyonlarında değişimlere yol açabilmektedir. Çalışma kapsamında çilek suyu örneklerinin berraklaştırılması aşamasında 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı yanında geleneksel jelatin-bentonit durultması işlemleri, toplam fenolik bileşen açısından benzer sonuçlar ortaya koymuş iken, berraklaştırma amacıyla 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı durumunda daha fazla fenolik bileşen tutulumu neticesinde toplam fenolik madde içeriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.5). Farklı araştırmalarda da berraklaştırma amacıyla kullanılan ultrafiltrasyon

membranlarının gözenek çapının fenolik madde tutulumu açısından etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim Li ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada dut suyu ultrafiltrasyonu sırasında 18 kDa gözenek büyüklüğüne sahip membran kullanımı durumunda örneklerdeki toplam fenolik madde içeriğinin 100 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımına göre %40 daha düşük düzeyde olduğu ifade edilmektedir. Yine Onsekizoğlu ve ark. (2010) tarafından elma suyunda gerçekleştirilen bir çalışmada da 10 kDa ve 100 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranları kullanımı durumunda toplam fenolik madde içeriklerinde yaklaşık %25 düzeyinde fark söz konusu olmuştur.

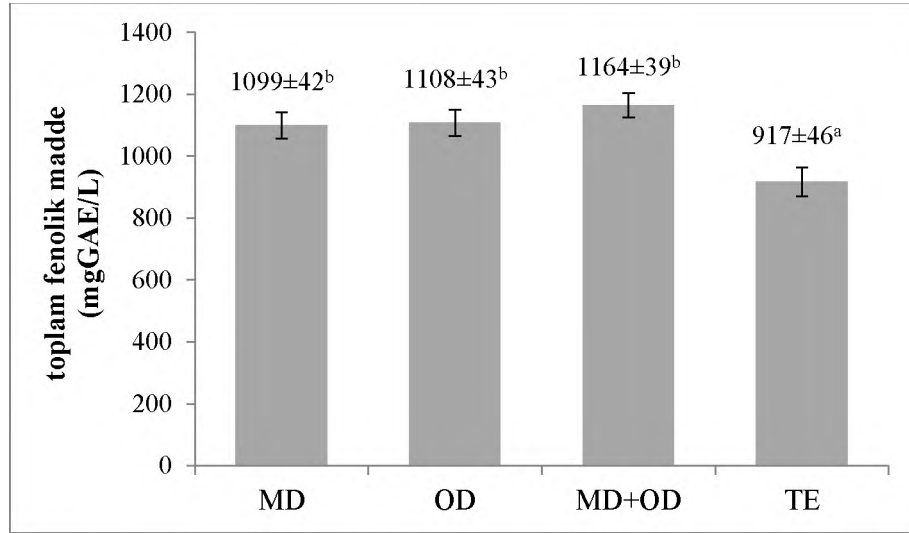


GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Şekil 4.5. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri

Farklı konsantrasyon yöntemlerinin çilek suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde de membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerdeki toplam fenolik madde miktarının, termal evaporasyon yöntemi kullanılması durumunda elde edilen sonuçlara göre daha fazla olduğu ve aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (p<0,05) (Şekil 4.6). Çeşitli meyve sularında termal evaporasyon ya da membran sistemleri ile konsantrasyonun örneklerin toplam fenolik madde içeriklerinde anlamlı değişikliklere yol açmadığını

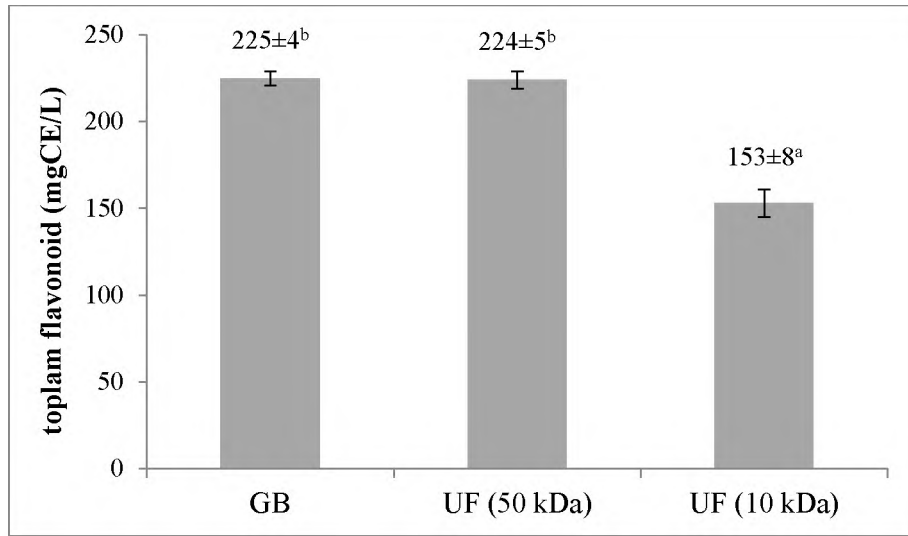
bildiren çalışmalar da mevcuttur (Onsekizoğlu ve ark., 2010; Karagöz, 2019, Lafcı, 2019). Tez çalışması kapsamında, fenolik bileşenler içerisinde önemli bir yer tutan antosiyaninlerdeki kaybın termal evaporasyonda fazla olmasının toplam fenolik açısından böyle bir sonuç elde edilmesine yol açtığı değerlendirilebilir.



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

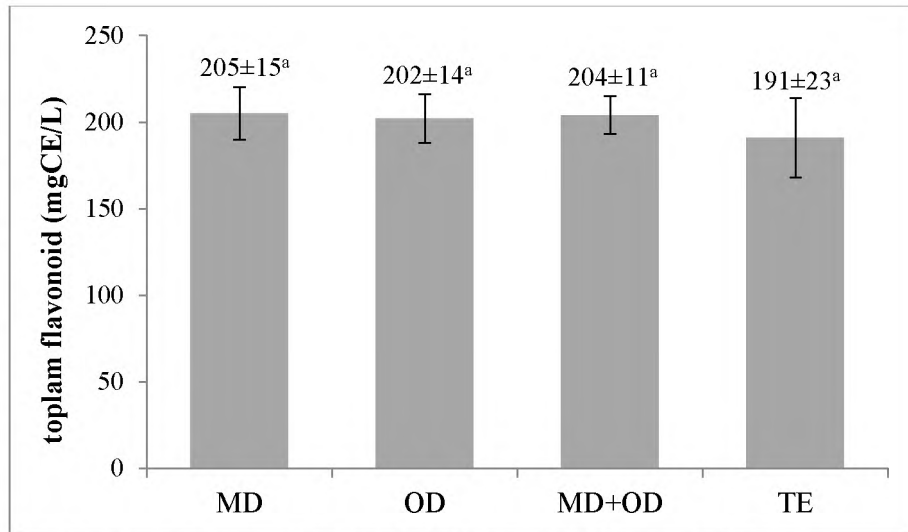
Şekil 4.6. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri

Çilek suyu örneklerindeki toplam flavonoid miktarı açısından da berraklaştırma sırasında uygulanan yöntemlerin farklı sonuçlar ortaya çıkardığı belirlenmiş olup, bu anlamda 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı durumunda örneklerde belirlenen flavonoid konsantrasyonunun geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile durultulmuş ya da 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon kullanımı durumuna kıyasla daha düşük seviyede olduğu görülmektedir ($p<0,05$) (Şekil 4.7). Buna karşılık farklı konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin toplam flavonoid içerikleri nispeten birbirine yakın değerlerde belirlenmiş ve gerek membran sistemleri ve gerekse termal evaporasyon ile konsantre edilen örneklerin toplam flavonoid içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.8).



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam flavonoid içerikleri



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.8. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam flavonoid içerikleri

Geleneksel jelatin-bentonit durultması yanında farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırılan örneklerin, termal evaporasyon ve membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik sistem gibi farklı membran uygulamaları ile konsantre edildikten sonra başlangıç suda çözünür kuru madde

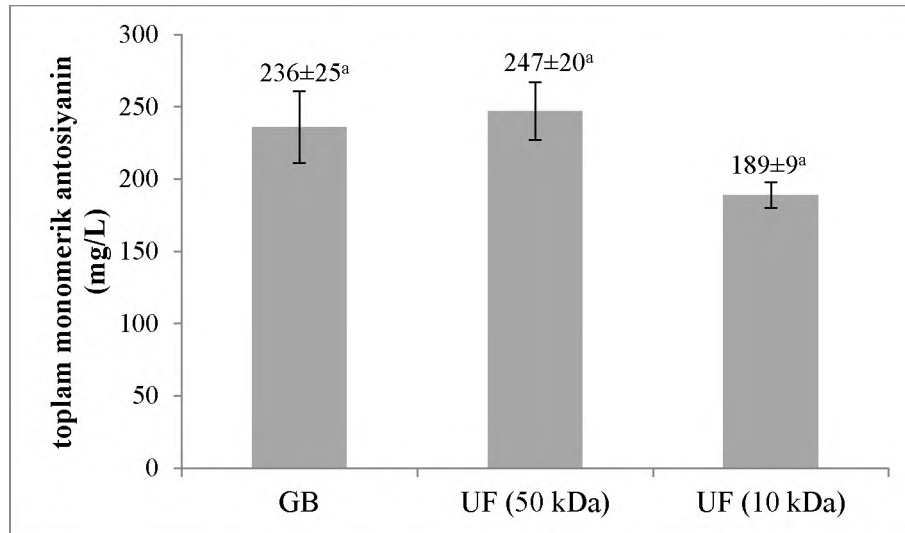
içeriğine geri sulandırılması sonrasında gerçekleştirilen toplam monomerik antosiyanin ve antosiyanin parçalanma ölçütleri analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının toplam monomerik antosiyanin, renk yoğunluğu, polimerik renk ve polimerik renk oranı değerleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	Toplam monomerik antosiyanin (mg/L)	Renk yoğunluğu	Polimerik renk	Polimerik renk oranı (%)
1	GD	MD	270±1	7,88±0,05	1,31±0,03	16,61±0,28
2	GD	OD	275±24	8,77±0,07	1,16±0,04	13,18±0,50
3	GD	MD+OD	277±6	8,68±0,05	1,30±0,11	14,92±1,13
4	GD	TE	121±6	8,59±0,08	3,41±0,04	39,69±0,08
5	UF (50 kDa)	MD	285±5	9,21±0,04	1,37±0,06	14,88±0,60
6	UF (50 kDa)	OD	256±11	8,97±0,01	1,13±0,02	12,54±0,18
7	UF (50 kDa)	MD+OD	286±9	9,13±0,14	1,34±0,04	14,68±0,22
8	UF (50 kDa)	TE	159±1	7,69±0,43	2,85±0,05	37,21±2,73
9	UF (10 kDa)	MD	193±10	6,52±0,13	1,04±0,03	15,88±0,70
10	UF (10 kDa)	OD	205±2	5,03±0,10	0,82±0,02	16,30±0,09
11	UF (10 kDa)	MD+OD	208±3	7,02±0,02	0,96±0,01	13,60±0,11
12	UF (10 kDa)	TE	149±3	5,75±0,03	1,60±0,01	27,72±0,04

GD: Geleneksel durultma; UF: Ultrafiltrasyon; MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem; TE: Termal evaporasyon

Renk verme özellikleri yanında sağlık üzerine olumlu etkileri dolayısıyla da önemli bir fenolik madde grubunu oluşturan antosiyaninler, pH, ışık ve sıcaklık gibi faktörler ve gıda işleme proseslerinden etkilenirler (Khoo ve ark., 2017). Bu anlamda özellikle ısı işlemler neticesinde önemli düzeylerde antosiyanin kaybı rapor edilmektedir. Meyve sularının berraklaştırılması sırasında kullanılan membranların gözenek çapının da örneklerdeki antosiyanin konsantrasyonunu etkilediğini ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Pap ve ark., 2012; Toker ve ark., 2014; Li ve ark., 2019). Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlarda da geleneksel jelatin-bentonit durultması ya da 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı durumunda çilek suyu örneklerinde nispeten benzer düzeyde antosiyanin saptanırken, kullanılan ultrafiltrasyon membranı gözenek çapının küçülmesi durumunda antosiyanin tutulumunun biraz daha fazla düzeyde gerçekleştiği görülmüştür. Bununla birlikte varyans analizi sonuçları, söz konusu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını da ortaya koymaktadır ($p>0,05$) (Şekil 4.9).

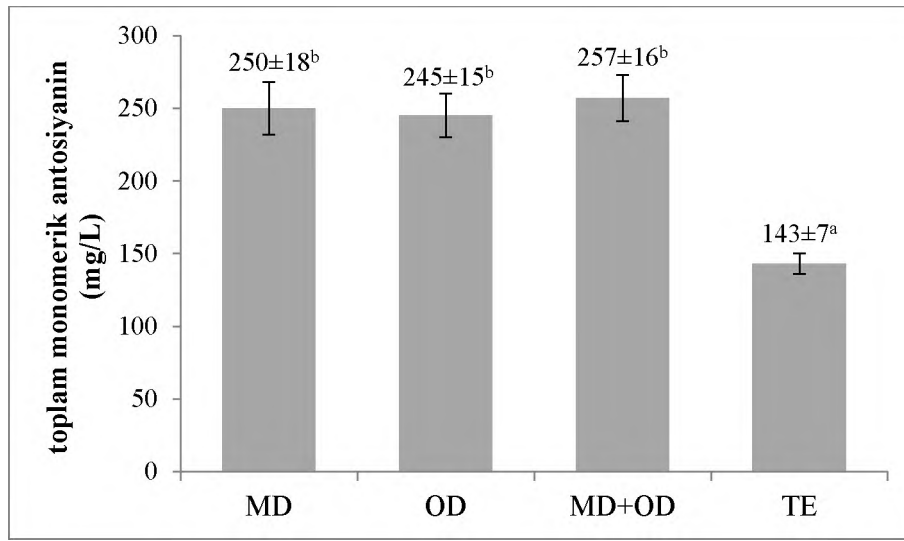


GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.9. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri

Şekil 4.10'da ise farklı yöntemlerle konsantre edilmiş çilek suyu örneklerindeki toplam monomerik antosiyanin miktarları gösterilmektedir. Konsantrasyon sırasında termal evaporasyon uygulanmış örneklerde, membran sistemleri ile konsantre edilen

örneklerle kıyasla yaklaşık %40 düzeyinde bir antosiyanin kaybının söz konusu olduğu görülmektedir. Membran sistemleri kendi arasında değerlendirildiğinde ise örneklerdeki antosiyanin konsantrasyonu açısından anlamlı bir farklılık söz konusu değildir ($p>0,05$). Farklı meyve suyu örneklerinde gerçekleştirilen çeşitli araştırmalarda da konsantrasyon amacıyla termal evaporasyon kullanımının antosiyanin kaybı noktasında önemli oranda etkili olduğu rapor edilmektedir (Dinçer ve ark., 2016; Karagöz, 2019; Lafcı, 2019).



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem

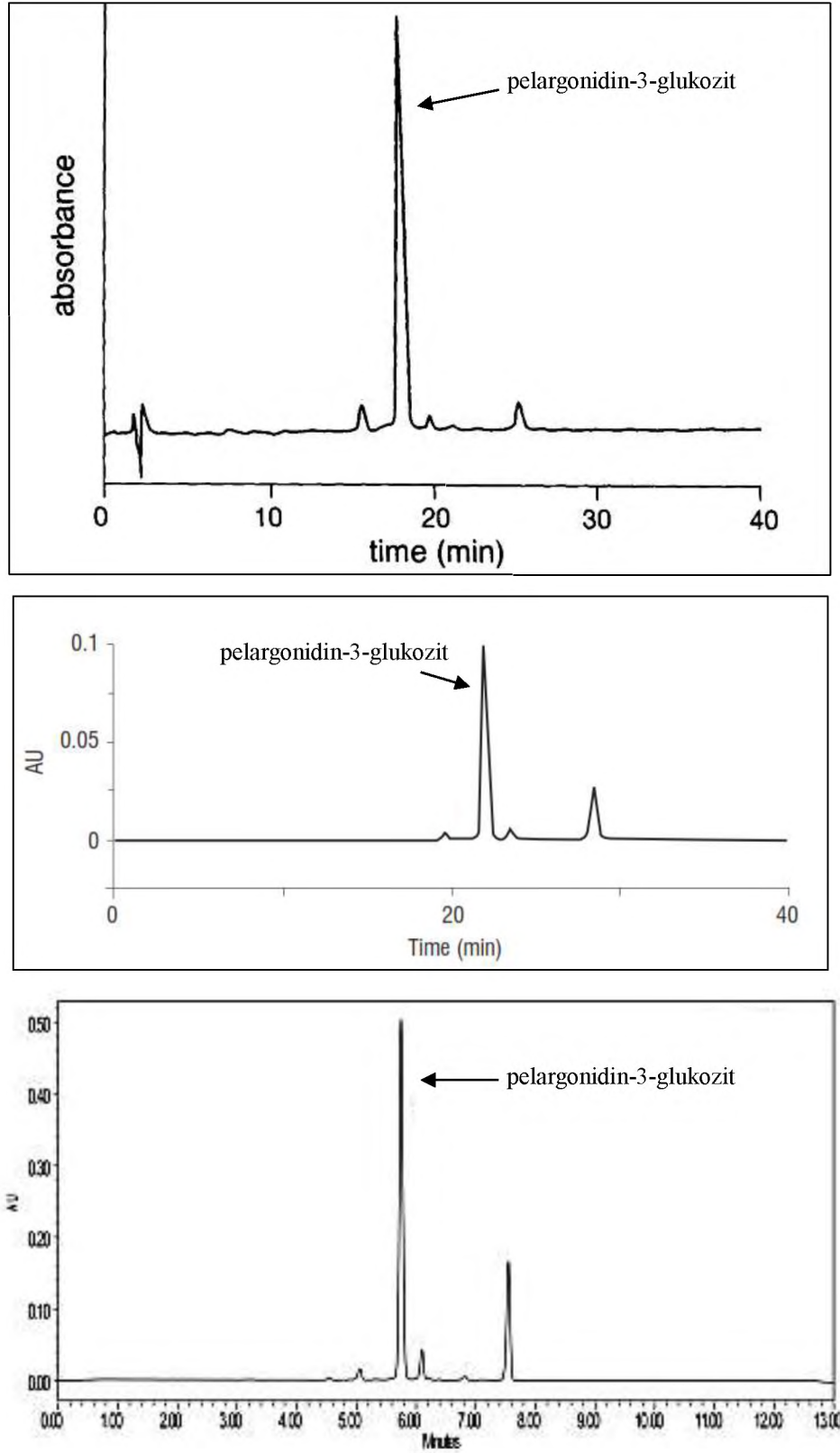
TE: Termal evaporasyon

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

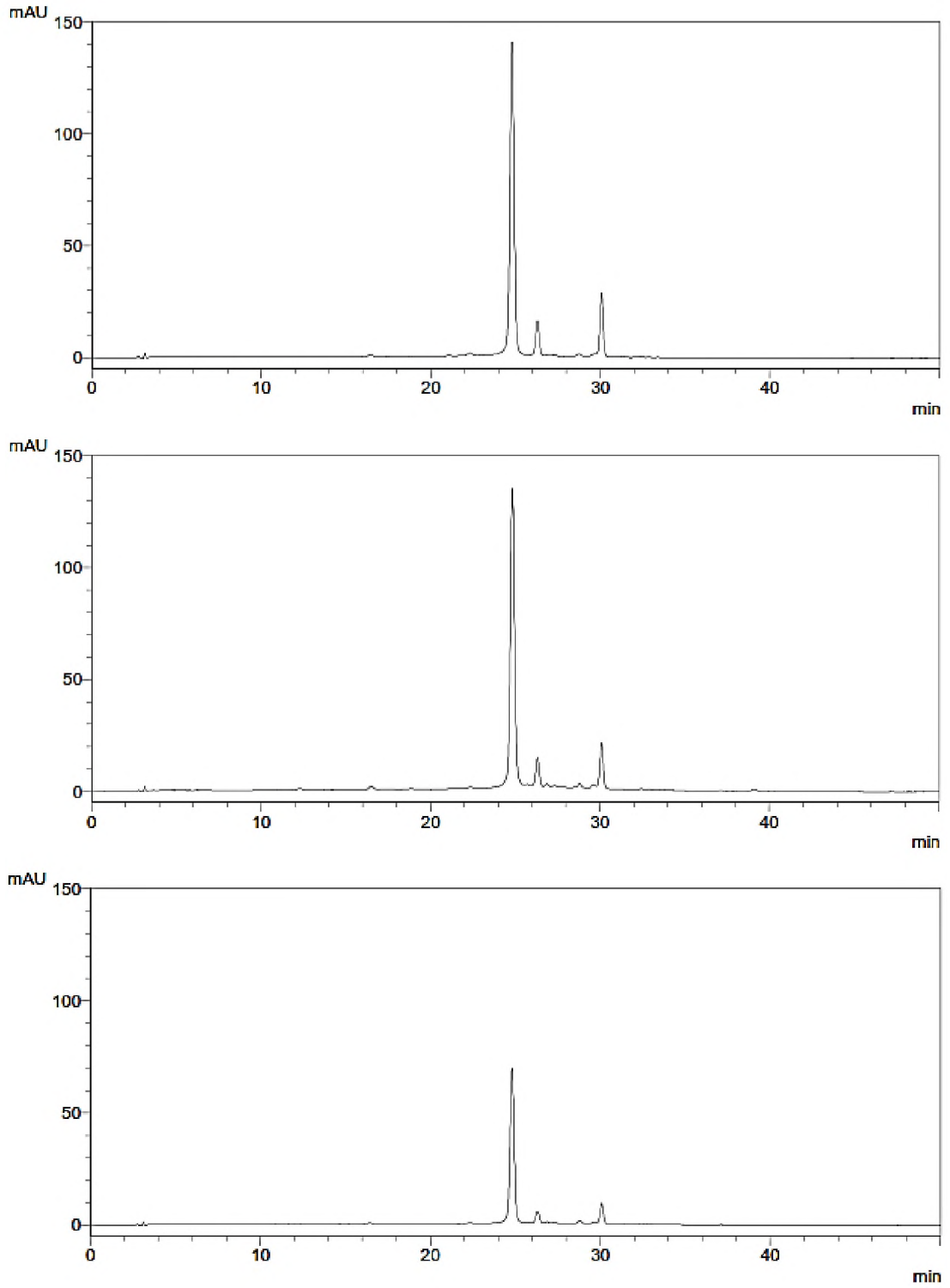
Şekil 4.10. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri

Yapılan pek çok çalışmada çilek ve çilek suyundaki başlıca antosiyaninin pelargonidin-3-glukozit olduğu ve toplam antosiyanin içeriğinin %80'inden fazlasının söz konusu antosiyaninden oluştuğu ifade edilmektedir (Bridle ve Garcia-Viguera, 1997; Lopes-da-Silva ve ark., 2002; Stoj ve ark., 2006; Teleszko ve ark., 2016). Bu anlamda farklı kromatografik koşullarda antosiyaninlerin belirlenmesine yönelik HPLC çalışmalarında elde edilen ve Şekil 4.11'de örnek olarak verilen kromatogramlarda da pelargonidin-3-glukozitin baskın antosiyanin olduğu görülmektedir. Şekil 4.12'de ise tez çalışması kapsamında ilgili standart maddelerin olmaması dolayısıyla net bir şekilde tanımlama yapılamadığı için Materyal ve Metod kısmında yer verilmeyen, ancak Bahçeci ve ark. (2005) tarafından uygulanan yöntem

baz alınarak gerçekleştirilen antosiyanin analizine ilişkin 520 nm’de belirlenen örnek HPLC kromatogramları verilmiştir. Gerek spektral değerlendirmeler ve gerekse yukarıda belirtilen literatür verileri ile kıyaslama yapılarak, elde edilen kromatogramlardaki başlıca pikin pelargonidin-3-glukozit olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda Şekil 4.12’de 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılan örnek (A) ile birlikte, bu örneğin ozmotik destilasyonla (B) ve termal evaporasyonla (C) konsantre edilmeleri sonrasında eşdeğer suda çözünür kuru madde içeriğine seyreltikten sonra pelargonidin-3-glukozitte meydana gelen değişimler, membran sistemleri ile termal evaporasyonun bu bileşen üzerindeki etkilerini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Nitekim 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip membranla berraklaştırılmış örneğin pelargonidin-3-glukozit içeriği üzerine ozmotik destilasyonun önemli bir etkisi olmazken, aynı örnek termal evaporasyonla konsantre edildiği takdirde pelargonidin-3-glukozit içeriği yaklaşık yarıya düşmektedir.

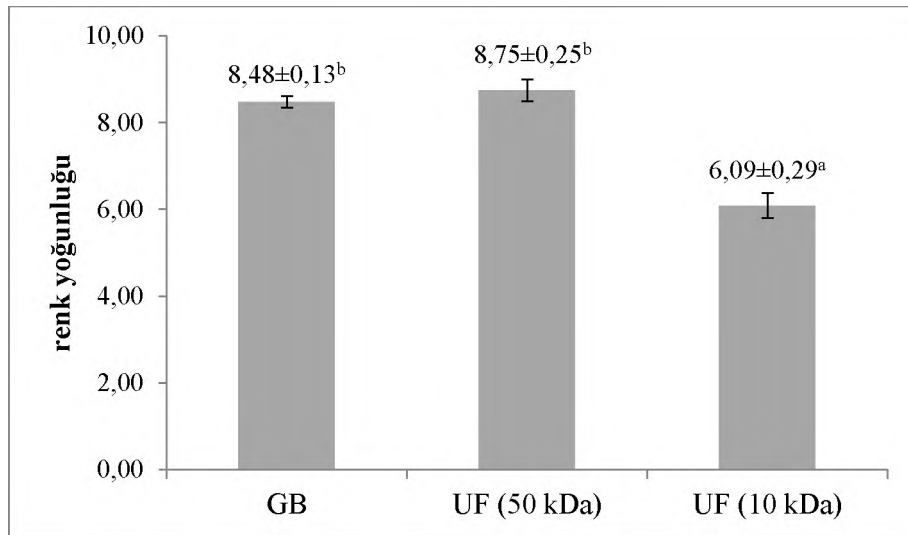


Şekil 4.11. Çilek suyunda antosiyaninlerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bazı literatür çalışmalarında elde edilen örnek HPLC kromatogramları (Bridle ve Garcia-Viguera, 1997; Stoj ve ark., 2006; Teleszko ve ark., 2016)



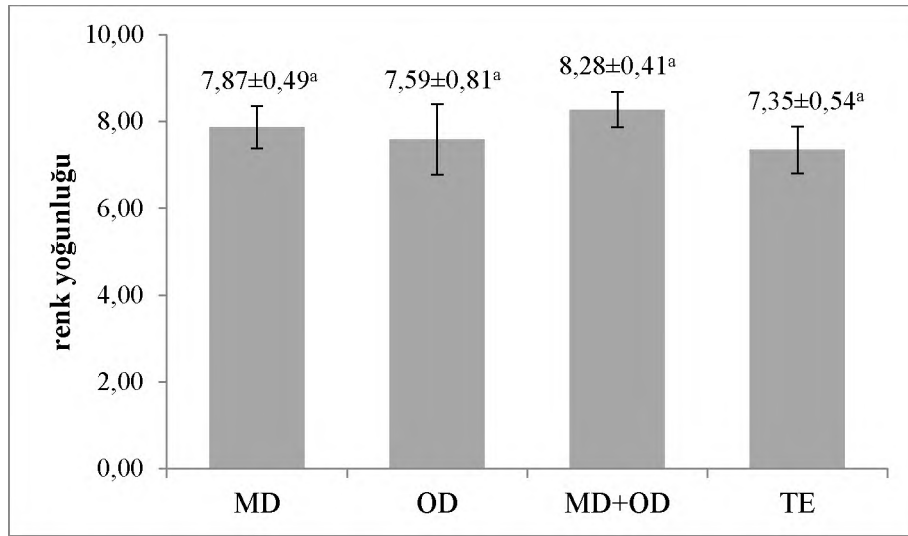
Şekil 4.12. 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılan (A) örneğin ozmotik destilasyonla (B) ve termal evaporasyonla (C) konsantre edilmeleri sonrasında antosiyanin profillerini gösteren HPLC kromatogramları

Renk yoğunluğu açısından, 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılan örneklerin daha düşük skorlara sahip olduğu görülmektedir ($p<0,05$) (Şekil 4.13). Söz konusu membranda renk üzerine önemli etkisi olan antosiyaninler ve diğer fenoliklerin tutulumunun daha fazla olmasının bu anlamda bir sonucun ortaya çıkmasına yol açtığı değerlendirilmektedir. Termal evaporasyon yanında membran sistemleri ile konsantrasyon yöntemlerinin çilek suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri üzerine etkileri ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya koymamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.14).



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

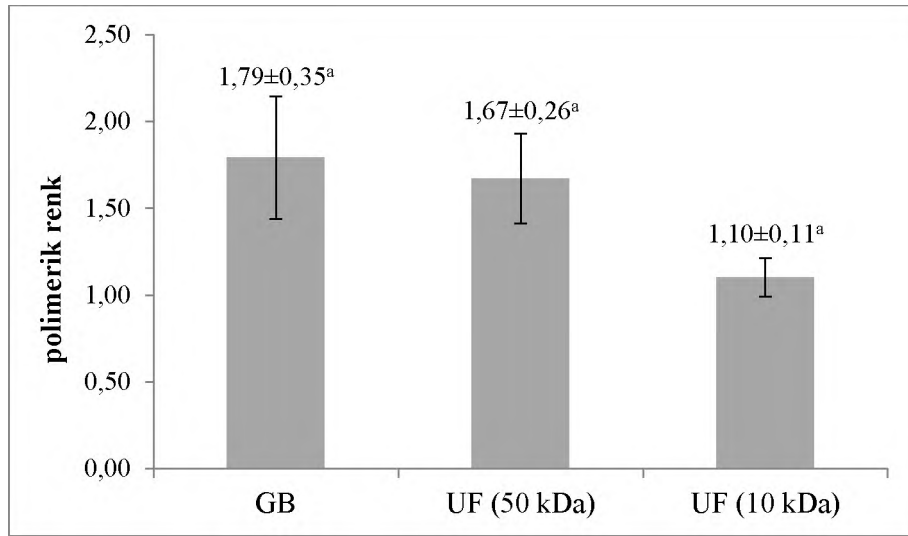
Şekil 4.13. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem
 TE: Termal evaporasyon
 Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.14. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri

Polimerik renk ve polimerik renk oranları açısından bakıldığında, değişik beraklaştırma yöntemlerinin bu anlamda bir farklılık yaratmadığı görülmüştür. Özellikle 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı durumunda polimerik renk değerleri biraz daha düşük seviyede olmakla birlikte, varyans analizi sonuçları söz konusu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ortaya koymaktadır ($p>0,05$) (Şekil 4.15-4.16). Bununla birlikte konsantrasyon amacıyla membran sistemlerinden yararlanılması durumunda söz konusu parametreler açısından çok önemli avantajlar söz konusudur. Nitekim termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerdeki polimerik renk değerleri, membran sistemleri kullanımına göre en az 2 kat daha fazla belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.17). Benzer şekilde polimerik renk oranı değerleri de membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerde yaklaşık %15 seviyelerinde iken, geleneksel termal evaporasyon kullanımı durumunda %35 seviyesindedir ($p<0,05$) (Şekil 4.18).

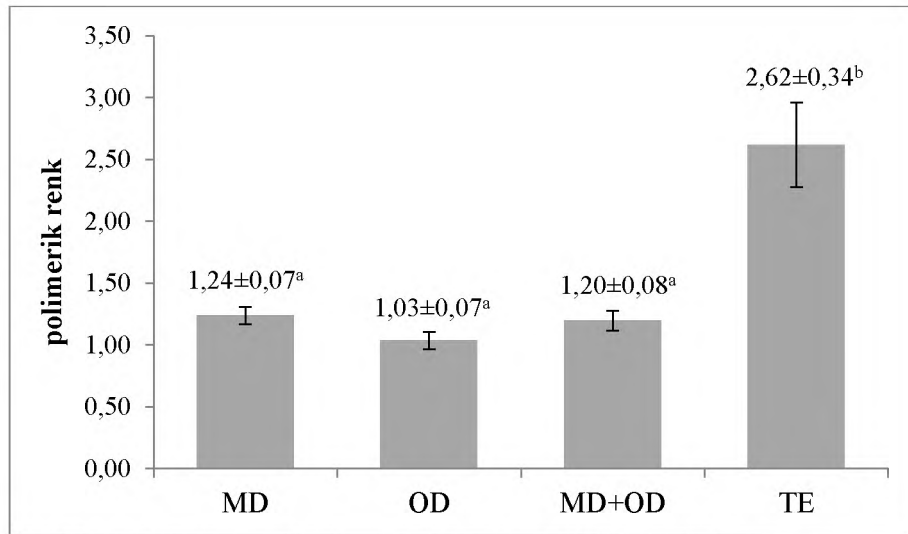


GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.15. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin polimerik renk değerleri

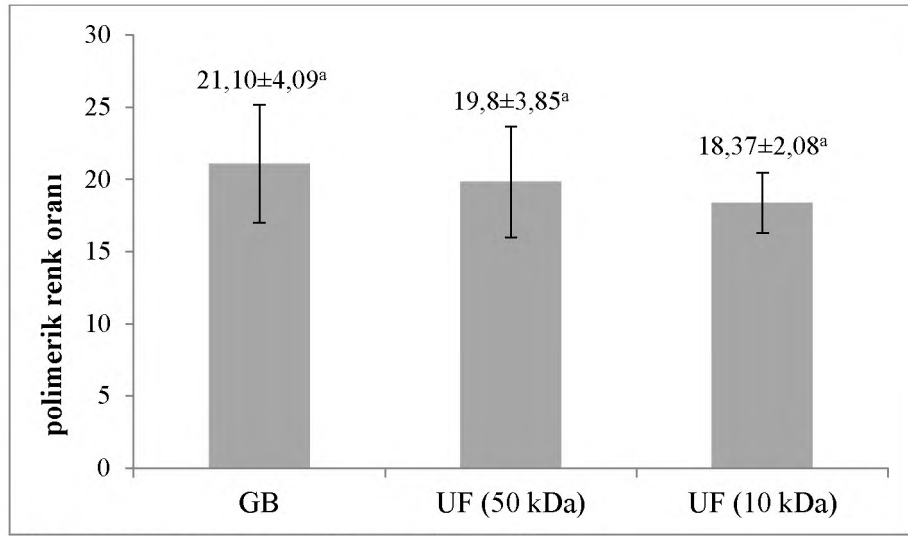


MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;

TE: Termal evaporasyon

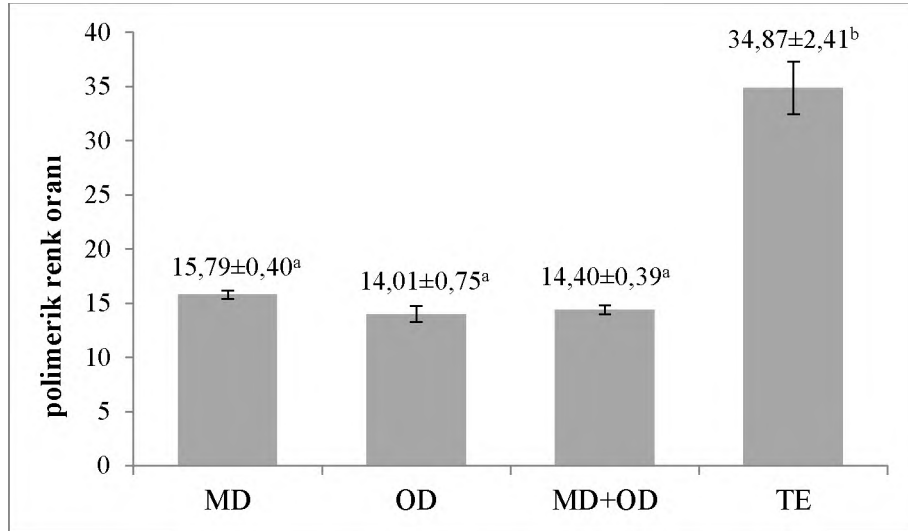
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

Şekil 4.16. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin polimerik renk değerleri



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$)

Şekil 4.17. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin polimerik renk oranları



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Şekil 4.18. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin polimerik renk oranları

Farklı yöntemlerle berraklaştırılan örneklerin yine farklı yöntemlerle konsantre edildikten sonra başlangıç suda çözünür kuru madde içeriğine geri sulandırılması sonrasında gerçekleştirilen askorbik asit, antioksidan kapasite ve HMF analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmektedir.

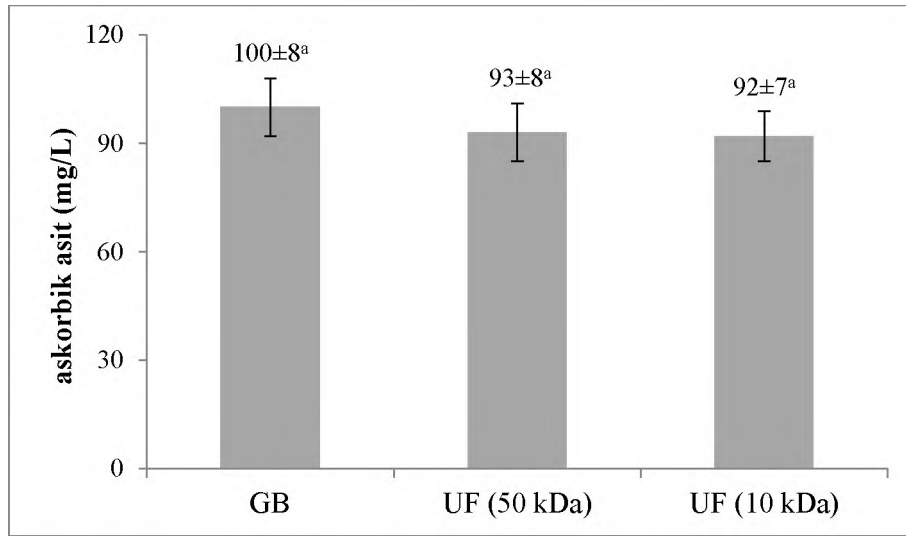
Çizelge 4.3. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının askorbik asit, antioksidan kapasite ve HMF içerikleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	Askorbik asit (mg/L)	Antioksidan kapasite, ABTS (mM TEAC)	Antioksidan kapasite, DPPH (mM TEAC)	HMF (mg/L)
1	GD	MD	79±2	12,83±0,03	8,82±0,23	t.e.
2	GD	OD	88±4	14,03±0,20	9,00±0,05	t.e.
3	GD	MD+OD	103±4	13,38±0,42	8,82±0,12	t.e.
4	GD	TE	131±6	12,56±0,23	8,36±0,02	3,42±0,17
5	UF (50 kDa)	MD	79±9	12,45±0,05	8,30±0,22	t.e.
6	UF (50 kDa)	OD	75±3	13,28±0,38	8,90±0,02	t.e.
7	UF (50 kDa)	MD+OD	90±2	12,73±0,24	8,62±0,03	t.e.
8	UF (50 kDa)	TE	128±8	11,72±0,25	7,85±0,30	1,69±0,36
9	UF (10 kDa)	MD	77±2	9,02±0,09	5,67±0,10	t.e.
10	UF (10 kDa)	OD	78±0	9,18±0,60	6,24±0,13	t.e.
11	UF (10 kDa)	MD+OD	93±4	8,91±0,44	6,18±0,03	t.e.
12	UF (10 kDa)	TE	120±7	8,00±0,16	5,37±0,07	1,64±0,60

GD: Geleneksel durultma; UF: Ultrafiltrasyon; MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem; TE: Termal evaporasyon; t.e.: tespit edilememiştir

Çilek suyunun berraklaştırılması sürecinde ortalama %20 düzeyinde askorbik asit kaybı söz konusu olup, bu kaybın büyük oranda oksidasyona dayalı olarak gerçekleştiği değerlendirilmektedir. Özellikle ultrafiltrasyon uygulamalarında meyve suyunun sürekli olarak sistem içerisinde döngüsü, bu süreçteki oksidasyona dayalı kayıpları artırmaktadır. Cassano ve ark. (2007) tarafından kan portakal sularında gerçekleştirilen çalışmada ultrafiltrasyon sırasında askorbik asit kaybı %18 olarak rapor edilmektedir. Yine başka bir araştırmada kivi suyunun ultrafiltrasyon ile

berraklaştırılmasında %16 askorbik asit kaybı olduğu belirtilmektedir (Cassano ve ark., 2006). Yine Toker ve ark. (2014) kan portakal sularının berraklaştırılmasında ultrafiltrasyon prosesinin askorbik asit içeriğinde azalmaya yol açtığını, bununla birlikte kullanılan ultrafiltrasyon membranının gözenek büyüklüğünün bu anlamda bir etkisi olmadığını bildirmektedirler. Bu çalışma kapsamında da gerek geleneksel jelatin-bentonit durultması ve gerekse 10 kDa ya da 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon kullanımının, çilek suyu örneklerinin askorbik asit içerikleri üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığı görülmektedir ($p>0,05$) (Şekil 4.19).

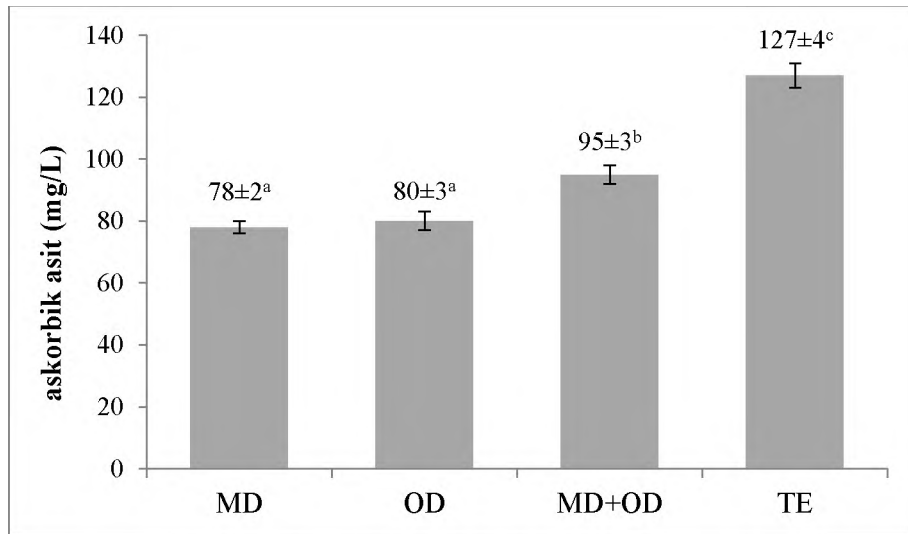


GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.19. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin askorbik asit içerikleri

Şekil 4.20’de ise uygulanan farklı konsantrasyon yöntemleri sonrasında çilek suyu örneklerinin askorbik asit içerikleri gösterilmektedir. Özellikle antosiyaninler gibi fenolik bileşenler açısından oldukça büyük avantaja sahip membran sistemleri ile konsantrasyonun, askorbik asit noktasında daha dezavantajlı bir konumda olduğu görülmektedir. Nitekim, varyans analizi sonuçları da geleneksel termal evaporasyon ile konsantre edilen örneklerdeki askorbik asit miktarının, membran sistemleri ile konsantre edilenlere göre daha yüksek düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır ($p<0,05$). Askorbik asit, ısıl işlem yanında yukarıda da belirtildiği üzere özellikle kimyasal ve enzimatik oksidasyona duyarlı bir bileşendir (Cassani ve ark., 2018a). Oksijen varlığında askorbik asit geri dönüşümlü olarak yine biyolojik aktiviteye

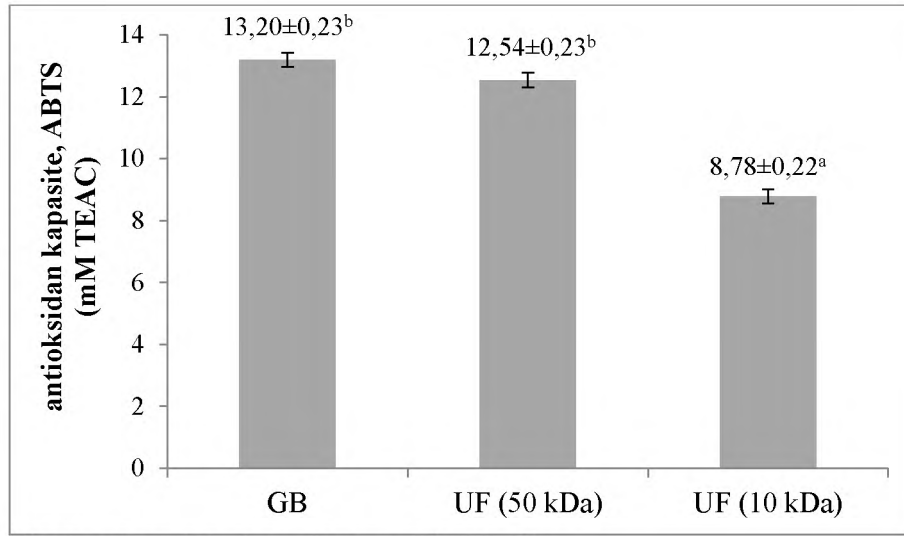
sahip dehidroaskorbik asite ve nispeten stabil olmayan bu bileşen üzerinden de geri dönüşsüz bir şekilde 2,3-diketoglukonik asit ve diğer parçalanma ürünlerine dönüşmektedir ve bu parçalanma düşük pH değerlerinde daha hızla gerçekleşmektedir (Marszalek ve ark., 2015; Wibowo ve ark., 2015). Bu çalışma kapsamında da termal evaporasyona kıyasla membran sistemleri ile konsantrasyonda, meyve suyunun sistemdeki sirkülasyonuna bağlı olarak oksidasyona dayalı askorbik asit kaybının daha fazla olduğu görülmektedir. Membran sistemleri kendi aralarında kıyaslandığında ise tümleşik sistemin biraz daha fazla avantajlı olduğu açıktır. Nitekim tümleşik sistem, membran destilasyon ve ozmotik destilasyon kombinasyonu şeklinde uygulanmakta ve akı artışına bağlı olarak konsantrasyon süreci daha kısalmaktadır. Bu anlamda da en uzun konsantrasyon sürelerinin uygulandığı membran destilasyon ve ozmotik destilasyon sistemlerinde, askorbik asit açısından en düşük değerler elde edilmiştir.



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Şekil 4.20. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin askorbik asit içerikleri

Serbest radikaller tarafından başlatılan zincir reaksiyonlarını durdurarak, sağlığın korunması noktasında çok önemli bir role sahip olan antioksidan etkili bileşenleri içermelerinden dolayı meyveler, en önemli doğal antioksidan kaynaklarından biri olarak kabul edilirler (Wang and Lewers, 2007). Dünyanın pek çok bölgesinde en çok tüketilen meyvelerden bir konumundaki çilek de sahip olduğu polifenoller ve C vitamini nedeniyle güçlü bir antioksidan kaynağı olarak gösterilmektedir (Wang and Lin, 2000; Proteggente ve ark., 2002, Sun ve ark., 2002; Basu ve ark., 2014). Bu noktada çilek suyu açısından antosiyanin ve flavonoidler gibi fenolik bileşenler ile C vitamini etkinliği gösteren askorbik asit konsanyonları antioksidan kapasite açısından ön plana çıkmaktadır. Şekil 4.21’de farklı berraklaştırma işlemlerinin çilek suyu örneklerinin ABTS yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri üzerine etkileri gösterilmiştir. Elde edilen veriler berraklaştırma amacıyla 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı durumunda, örneklerdeki antioksidan kapasite değerlerinin geleneksel durultma ya da 50 kDa ultrafiltrasyon membranı kullanımına kıyasla daha düşük seviyede olduğunu ortaya koymaktadır ($p<0,05$). Yukarıda da belirtildiği üzere çilek suyu açısından örneklerdeki fenolik bileşenler ve askorbik asit içeriği antioksidan kapasite açısından öncelikli değerlendirilmesi gereken bileşenlerdir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı neticesinde askorbik asit haricinde gerek toplam fenolik ve gerekse toplam flavonoid ve antosiyanin açısından en düşük skorlar elde edilmiştir. Dolayısıyla bu örneklerdeki antioksidan kapasite değerlerinin de diğer örneklere göre düşük çıkması beklenen bir sonuçtur.

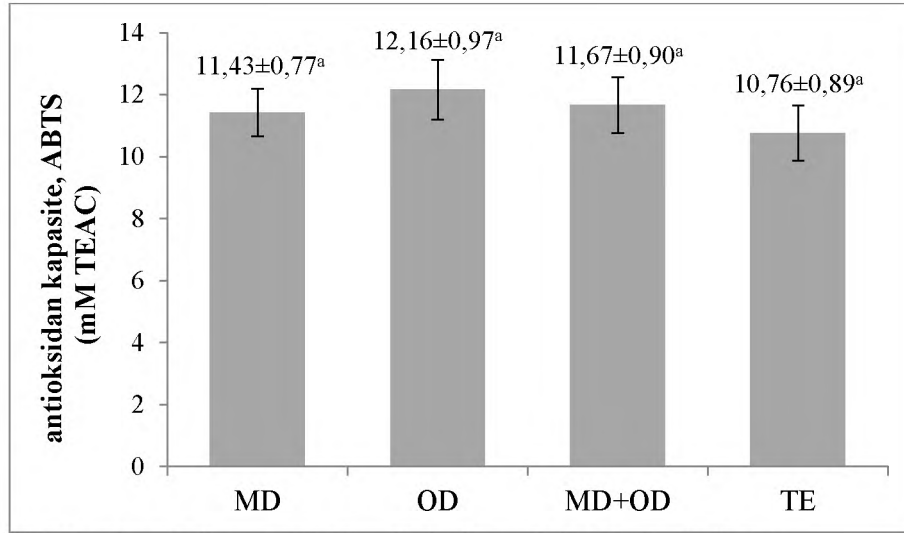


GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Şekil 4.21. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (ABTS yöntemi)

Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin ABTS yöntemi ile ölçülmüş ortalama antioksidan kapasite değerleri Şekil 4.22’de verilmekte olup, söz konusu verilerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Esasında konsantrasyon sırasında uygulanan ısı işlemin etkisine bağlı olarak termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde antioksidan aktivite üzerine etkili antosiyaninlerin miktarının az olması yanında yine aynı örneklerde toplam fenolik madde içeriğinin de düşük olması, membran sitemleri ile konsantre edilen örneklerdeki antioksidan kapasite değerlerinin, geleneksel termal evaporasyonla konsantre edilen örneklere kıyasla daha yüksek çıkması beklentisi doğurmaktadır. Nitekim farklı meyve suları ile yapılan değişik çalışmalarda bu yönde sonuçlar rapor edilmiştir (Cassano ve ark., 2003; Cassano ve ark., 2011, Onsekizoğlu, 2013; Karagöz, 2019; Lafcı, 2019). Bununla birlikte antioksidan kapasite üzerine etkili diğer bir önemli bileşen olan askorbik asit miktarının, termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerde daha yüksek düzeyde tespit edilmesi, fenolik bileşenlerin kaybına bağlı ortaya çıkan dezavantajı antioksidan kapasite açısından tolere ettiği şeklinde değerlendirme yapmak mümkündür. Nitekim Aaby ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada çilek sularının antioksidan kapasite içeriği üzerine %24’lük bir oran ile askorbik asitin en yüksek düzeyde katkı sunduğu

belirtilmektedir. Aynı çalışmada antosiyaninlerin çilek suyunun antioksidan kapasite değeri üzerine etkisi %13 olarak rapor edilmektedir.

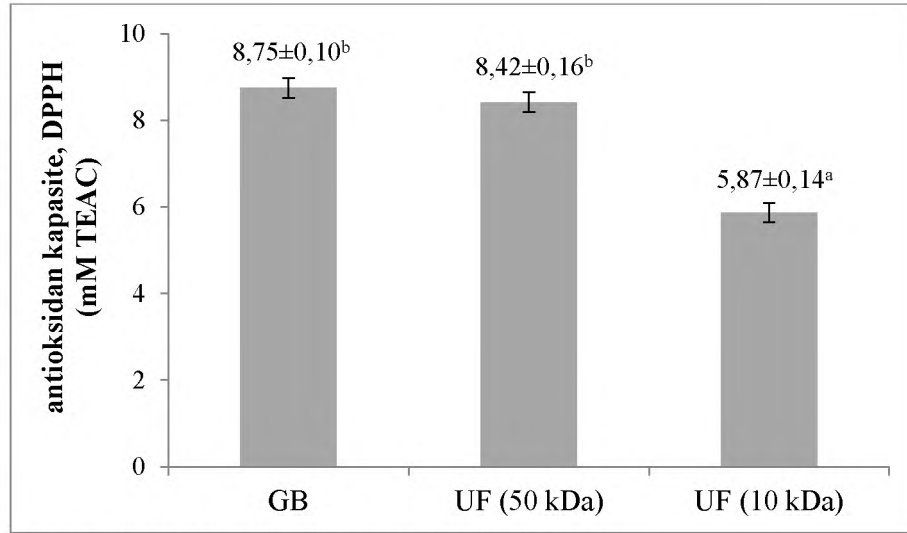


MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.22. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (ABTS yöntemi)

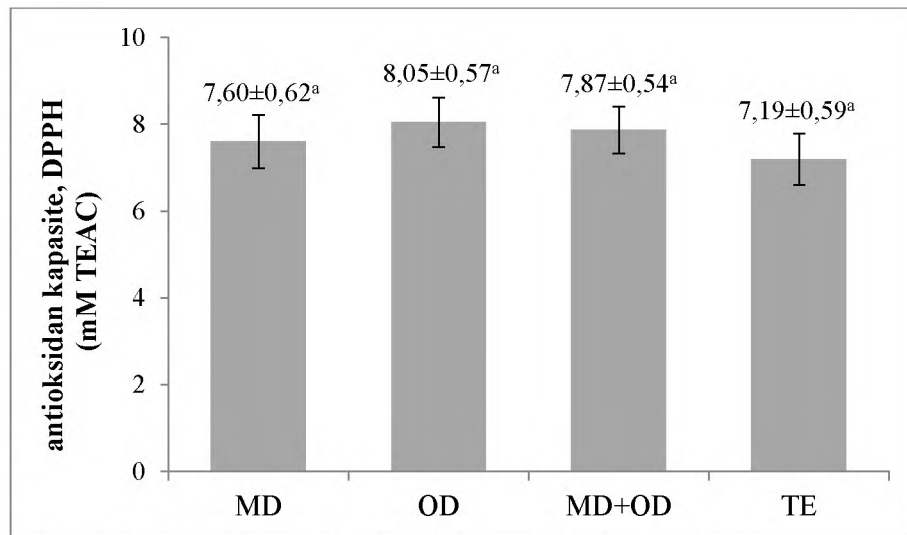
Antioksidan kapasite içeriğinin belirlenmesi için bugüne kadar çok sayıda yöntem geliştirilmiş olup, yukarıda sonuçları verilen ABTS yöntemi yanında yaygın kullanılan yöntemlerden biri de DPPH yöntemidir. ABTS yöntemi 2,2'-azinobis (3-etil-bezotiazolin 6 sulfonat) (ABTS) radikal katyonunun antioksidanlar tarafından absorbansının sönümlenmesi temeline dayanırken, DPPH yöntemi de 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikaline antioksidanlar tarafından proton transferi reaksiyonunun oluşturduğu absorbanstaki azalışın takip edilmesine dayalı olarak ölçüm gerçekleştirilir. Yöntemin basit ve hızlı sonuç vermesi önemli bir avantaj ise de (Nowak ve ark., 2016), ışığa ve oksijene olan hassasiyet metodun dezavantajları arasında gösterilmektedir (Apak ve ark., 2007). Şekil 4.23 ve 4.24'te farklı berraklaştırma ve konsantrasyon işlemlerinin çilek suyu örneklerinin DPPH yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri üzerine etkileri gösterilmiştir. DPPH yöntemi ile elde edilen antioksidan kapasite değerleri ABTS yöntemi ile elde edilenlere kıyasla rakamsal olarak daha düşük bulunmakla birlikte gerek farklı

berraklaştırma ve gerekse farklı konsantrasyon işlemlerinin etkileri beklendiği şekilde ABTS yöntemi ile elde edilen sonuçlara paralellik göstermiştir.



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Şekil 4.23. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (DPPH yöntemi)



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$)

Şekil 4.24. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri (DPPH yöntemi)

Antioksidan kapasiteye etki edeceği değerlendirilen polifenolik bileşenler ve askorbik asit konsantrasyonları ile çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite değerleri arasındaki ilişkileri ortaya koyan korelasyon matrisi Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Çizelge 4.4. Çilek suyu örneklerinin çeşitli özellikleri açısından korelasyon matrisi

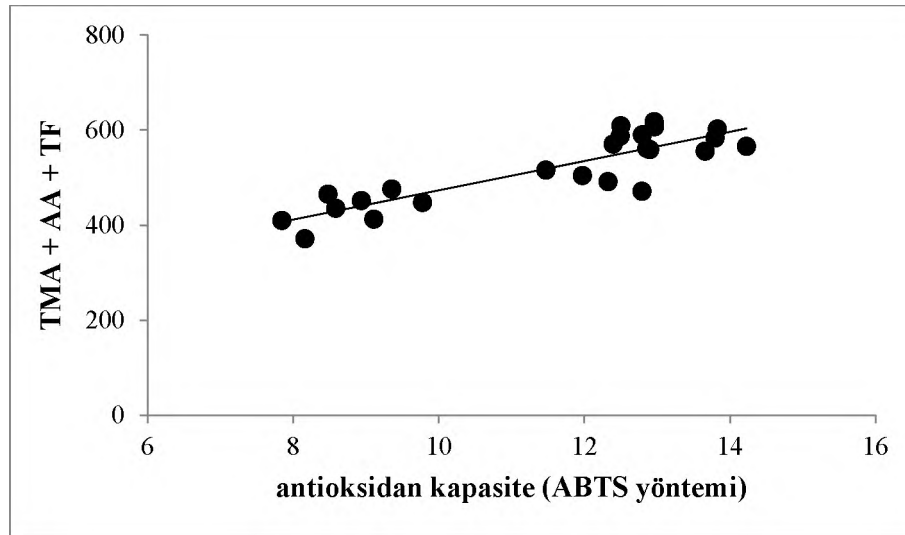
	Antioksidan kapasite (ABTS)	Antioksidan kapasite (DPPH)	Toplam fenolik madde	Toplam monomerik antosiyanin (TMA)	Toplam flavonoid (TF)	Askorbik asit (AA)	TMA + AA	TMA + TF + AA
Antioksidan kapasite (ABTS)	1	0,967**	0,775**	0,555**	0,886**	-0,072	0,659**	0,869**
Antioksidan kapasite (DPPH)	0,967**	1	0,794**	0,570**	0,917**	-0,082	0,673**	0,895**
Toplam fenolik madde	0,775**	0,794**	1	0,826**	0,711**	-0,485*	0,812**	0,877**
Toplam monomerik antosiyanin (TMA)	0,555**	0,570**	0,826**	1	0,427*	-0,674**	0,944**	0,816**
Toplam flavonoid (TF)	0,886**	0,917**	0,711**	0,427*	1	-0,021	0,523**	0,842**
Askorbik asit (AA)	-0,072	-0,082	-0,485*	-0,674**	-0,021	1	-0,393	-0,260
TMA + AA	0,659**	0,673**	0,812**	0,944**	0,523**	-0,393	1	0,900**
TMA + TF + AA	0,869**	0,895**	0,877**	0,816**	0,842**	-0,260	0,900**	1

** korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır

* korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır

Çilek suyu örneklerindeki fenolik bileşen içeriklerinin yüksek olması, beklendiği şekilde bu örneklerdeki antioksidan kapasite değerlerinin de yüksek olması sonucunu doğurmaktadır. Nitekim toplam monomerik antosiyanin, toplam flavonoid ya da toplam fenolik madde içerikleri ile hem ABTS yöntemi ile hem de DPPH yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri arasında kuvvetli pozitif ilişki söz konusu olup korelasyon değerlerinin $p=0,01$ düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Literatürdeki pek çok araştırmada da fenolik madde ve antioksidan kapasite arasındaki pozitif korelasyonlar rapor edilmektedir. İlginç bir şekilde çilek suyu örneklerindeki askorbik asit içeriği ile antioksidan kapasite arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilmemiştir. Buna karşılık askorbik asit ile toplam monomerik antosiyanin içerikleri arasında negatif bir ilişki göze çarpmaktadır. Birbirleri ile tezat sonuçlar olsa da çeşitli araştırmalarda askorbik asitin antosiyaninlerin parçalanması üzerinde önemli bir etkisi olduğu ifade edilmektedir (Özkan ve ark., 2005; De Rosso ve Mercadante, 2007; Nikkhah ve ark., 2010). Bu anlamda antioksidan kapasite üzerine etkili olması beklenen askorbik asit başka bir antioksidan etkili antosiyaninlerin degradasyonunda da etkili olduğu için, antioksidan kapasite ile doğrudan bir ilişki saptanmamış olabilir. Bununla birlikte çilek suyu örneklerindeki toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit konsantrasyonları beraber ele alındığında, antioksidan kapasite ile sadece antosiyanin olma durumuna göre daha güçlü bir pozitif korelasyon söz konusu olmaktadır. Yine toplam monomerik antosiyanin, toplam flavonoid ve askorbik asit içeriği beraber ele alındığında da antioksidan kapasite ile çok güçlü pozitif bir korelasyonun varlığı söz konusudur (Şekil 4.25).



TMA: toplam monomerik antosiyanin; AA: askorbik asit; TF: toplam flavonoid

Şekil 4.25. Çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin, askorbik asit ve toplam flavonoid içeriklerinin toplam konsantrasyonları ile antioksidan kapasite değerleri arasındaki ilişki

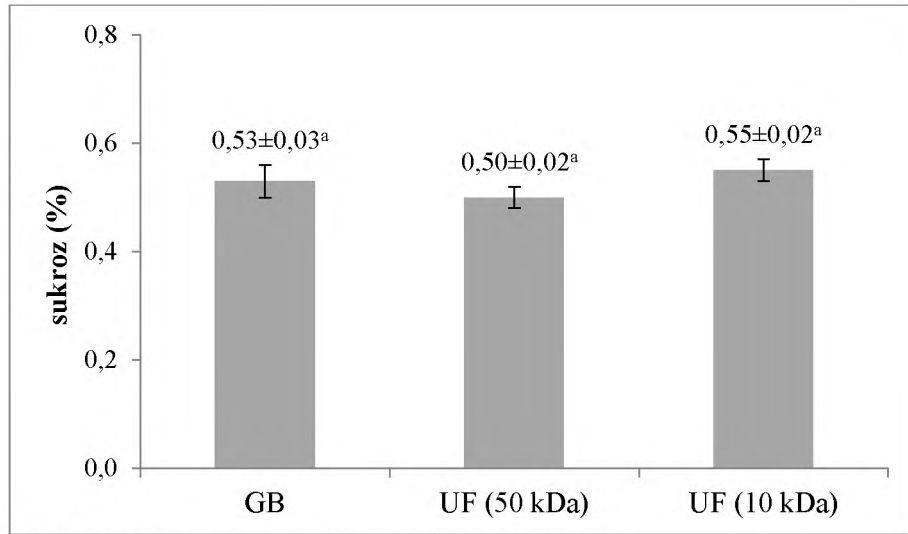
Gıda işleme prosesleri sırasında ısı işlem kaynaklı olumsuzlukların bir göstergesi konumundaki 5-hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu, önemli bir kalite kriteri olarak kabul edilmektedir. Isıl işlem yanında asidik karakterdeki gıdaların depolanmaları sırasında da HMF miktarında artış meydana gelebilmektedir. HMF'nin insan sağlığına etkileri noktasında çelişkili sonuçlar olmakla birlikte uluslararası otoriteler, gıda işleme proseslerinde HMF oluşumunun azaltılması noktasında fikir birliği içerisinde. Bu anlamda HMF oluşumunda önemli rol oynayan ısı işlemlere alternatif teknolojiler noktasında da yoğun çalışmalar söz konusudur. Meyve sularının geleneksel termal evaporasyon yöntemleri ile konsantre edilme süreçleri de HMF oluşumu açısından risk teşkil eden basamaklardan biri konumundadır. Bu amaçla membran sistemlerinin kullanımı ise önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim çalışma kapsamında membran sistemleri kullanılarak konsantre edilen çilek suyu örneklerinden hiçbirinde tespit edilebilir düzeyde HMF oluşumu söz konusu değilken termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerde 1,64-3,42 mg/L düzeyinde HMF tespit edilmiştir. Benzer şekilde elma suyu, nar suyu, karadut suyu ve kara havuç suyu gibi çeşitli ürünlerin membran sistemleri ile konsantrasyonlarında HMF oluşumu tespit edilmemiş, buna karşılık aynı örneklerin termal evaporasyonla konsantrasyonlarında farklı düzeylerde HMF oluşumu belirlenmiştir (Onsekizoğlu ve ark., 2010; Onsekizoğlu, 2013; Bahçeci ve ark., 2015; Karagöz, 2019; Lafcı, 2019).

Çizelge 4.5'te farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin şeker içerikleri verilmektedir. Literatürdeki pek çok araştırma da belirtildiği üzere çilek sularındaki başlıca şekerler, sukroz, glukoz ve fruktoz olarak tespit edilmiştir (Cassani ve ark., 2018b, 2018c). Bu şekerler içerisinde sukroz oranı genellikle %1'in altında olup, fruktoz konsantrasyonu da glukoz konsantrasyonuna göre az da olsa daha fazladır. Uygulanan farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemlerinin çilek suyu örneklerindeki sukroz, glukoz, fruktoz veya bunların toplamı üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.26-4.33).

Çizelge 4.5. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının şeker içerikleri

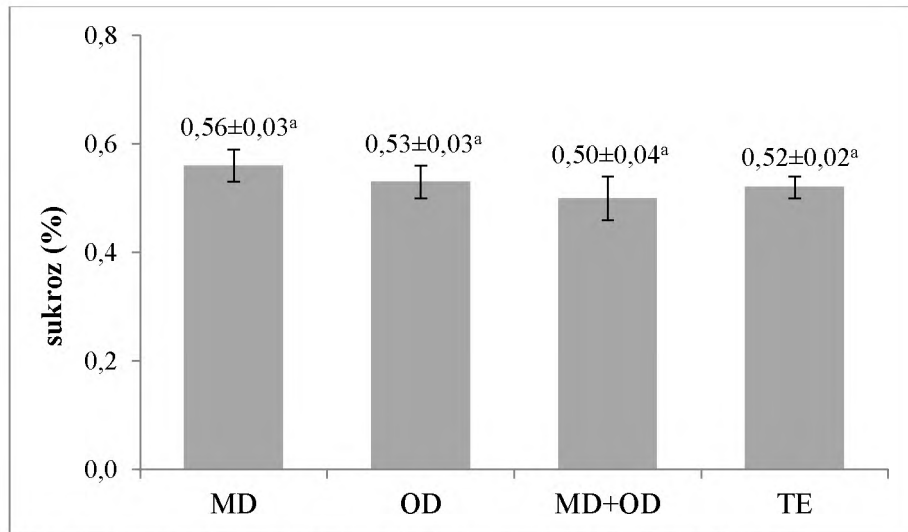
Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	Sukroz (%)	Glukoz (%)	Fruktoz (%)	Toplam şeker (%)
1	GD	MD	0,54±0,09	2,17±0,12	2,62±0,02	5,34±0,01
2	GD	OD	0,56±0,10	2,20±0,12	2,56±0,07	5,32±0,05
3	GD	MD+OD	0,51±0,07	2,31±0,04	2,62±0,04	5,44±0,02
4	GD	TE	0,51±0,03	2,34±0,06	2,49±0,06	5,34±0,09
5	UF (50 kDa)	MD	0,56±0,01	2,37±0,02	2,66±0,08	5,59±0,09
6	UF (50 kDa)	OD	0,47±0,02	2,34±0,01	2,51±0,03	5,32±0,02
7	UF (50 kDa)	MD+OD	0,47±0,08	2,38±0,18	2,50±0,11	5,34±0,20
8	UF (50 kDa)	TE	0,48±0,05	2,38±0,06	2,51±0,04	5,38±0,09
9	UF (10 kDa)	MD	0,58±0,05	2,21±0,24	2,54±0,05	5,34±0,14
10	UF (10 kDa)	OD	0,55±0,03	2,40±0,13	2,63±0,06	5,58±0,17
11	UF (10 kDa)	MD+OD	0,51±0,08	2,23±0,07	2,56±0,06	5,30±0,05
12	UF (10 kDa)	TE	0,55±0,06	2,25±0,09	2,48±0,01	5,28±0,03

GD: Geleneksel durultma; UF: Ultrafiltrasyon; MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem; TE: Termal evaporasyon



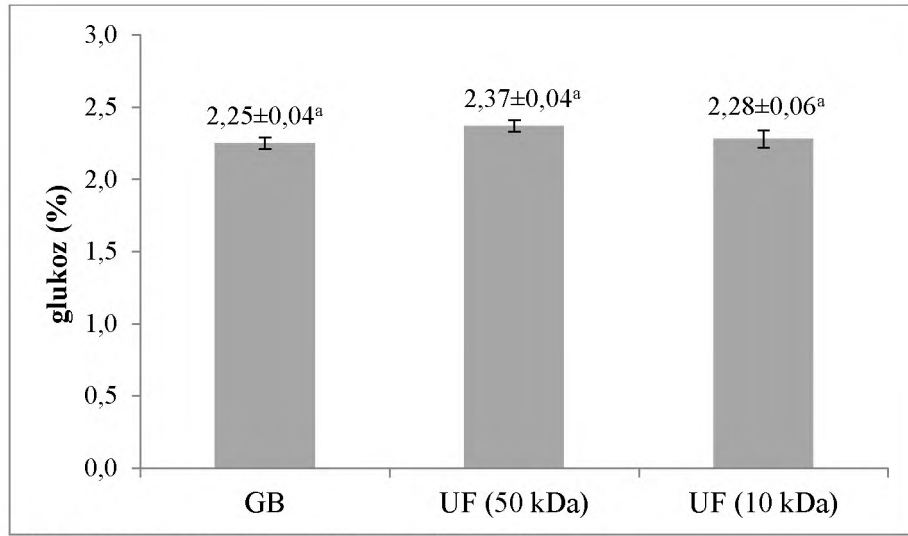
GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.26. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin sukroz içerikleri



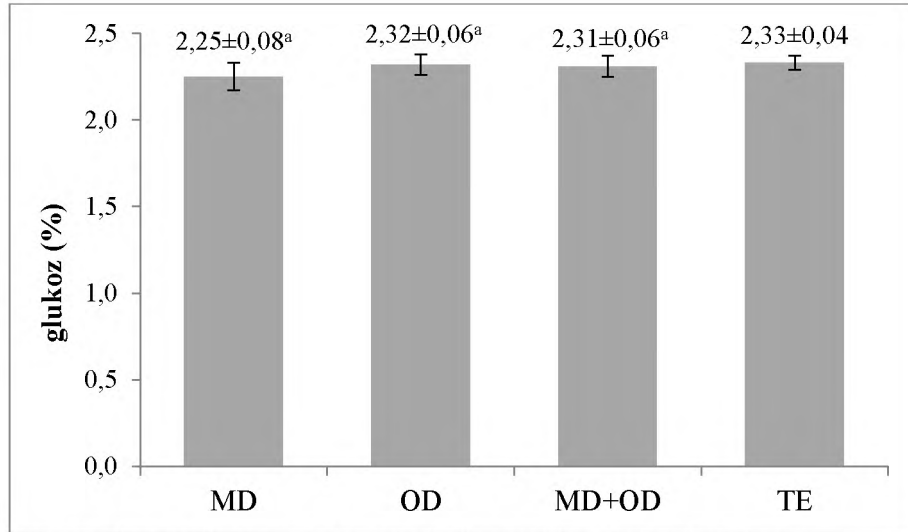
MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.27. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin sukroz içerikleri



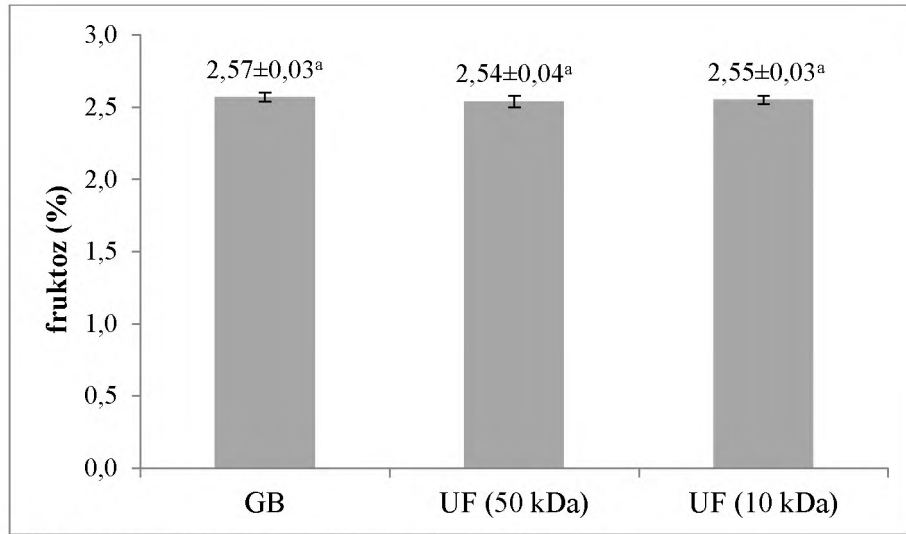
GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.28. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin glukoz içerikleri



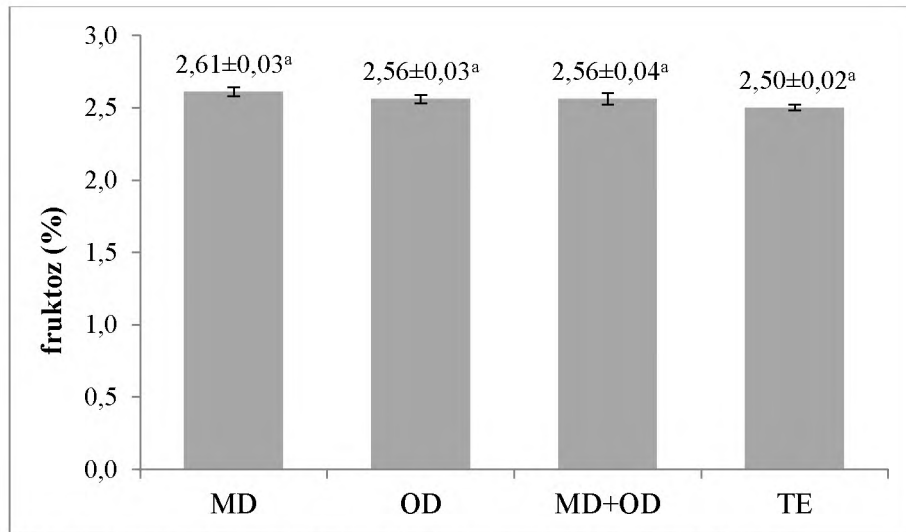
MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.29. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin glukoz içerikleri



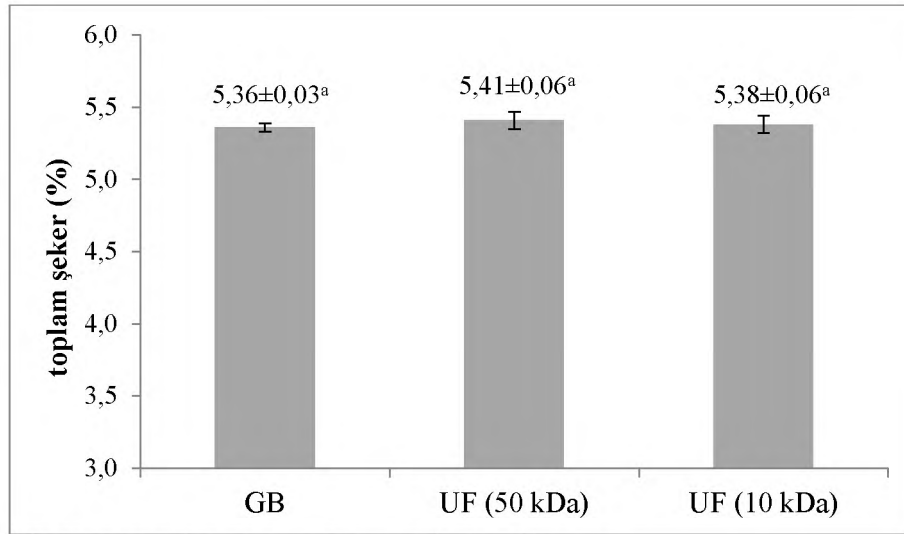
GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.30. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin fruktoz içerikleri



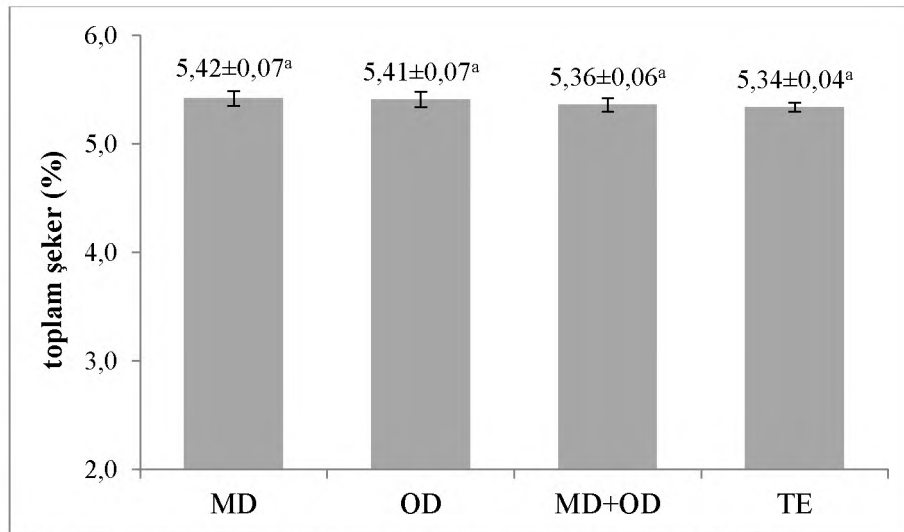
MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.31. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin fruktoz içerikleri



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.32. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam şeker içerikleri



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.33. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam şeker içerikleri

Geleneksel olarak uygulanan jelatin-bentonit ile berraklaştırma yanında iki farklı büyüklükte gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin, membran destilasyon, ozmotik destilasyon, tümleşik sistem ve termal evaporasyon ile konsantre edildikten sonra başlangıç suda çözünür kuru

madde içeriğine geri sulandırılması sonrasında, bu örneklerde belirlenen L*, a* ve b* renk değerleri Çizelge 4.6’da verilmektedir.

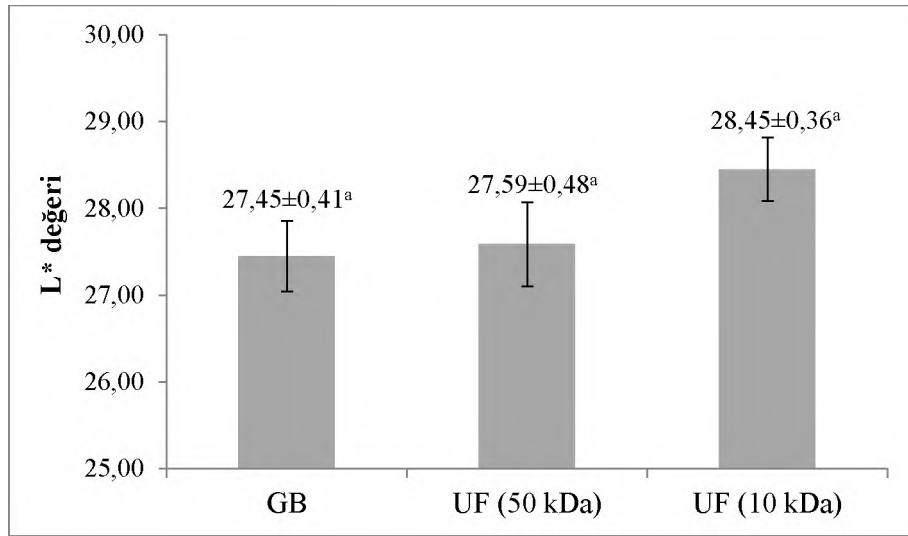
Çizelge 4.6. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının L*, a* ve b* renk değerleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	L*	a*	b*
1	GD	MD	27,81±0,88	10,07±0,35	4,62±0,00
2	GD	OD	27,74±1,09	10,39±0,18	4,73±0,09
3	GD	MD+OD	27,67±1,01	10,37±0,23	4,76±0,02
4	GD	TE	26,57±0,78	7,58±0,04	3,26±0,03
5	UF (50 kDa)	MD	27,09±0,91	10,56±0,01	4,76±0,09
6	UF (50 kDa)	OD	29,14±0,77	11,43±0,34	5,12±0,21
7	UF (50 kDa)	MD+OD	27,41±0,87	10,98±0,03	5,31±0,07
8	UF (50 kDa)	TE	26,71±0,93	7,88±0,27	3,56±0,33
9	UF (10 kDa)	MD	28,56±0,73	11,21±0,22	4,32±0,05
10	UF (10 kDa)	OD	29,32±0,60	13,34±0,17	4,94±0,06
11	UF (10 kDa)	MD+OD	28,17±0,94	11,34±0,09	4,39±0,12
12	UF (10 kDa)	TE	27,76±0,80	8,69±0,00	4,04±0,06

GD: Geleneksel durultma; UF: Ultrafiltrasyon; MD: Membran destilasyon;
OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem; TE: Termal evaporasyon

Tüketici algısı noktasında görsel olarak ilk değerlendirilen özellik konumundaki renk, gıdalar açısından en önemli duyuşal özelliklerden biridir (Bermejo-Prada ve Otero, 2016; Adorno ve ark., 2017). Bu bağlamda meyve suyu rengi de tüketiciler tarafından temel kalite göstergelerinden biri olarak ele alınmakta ve meyve suyunun

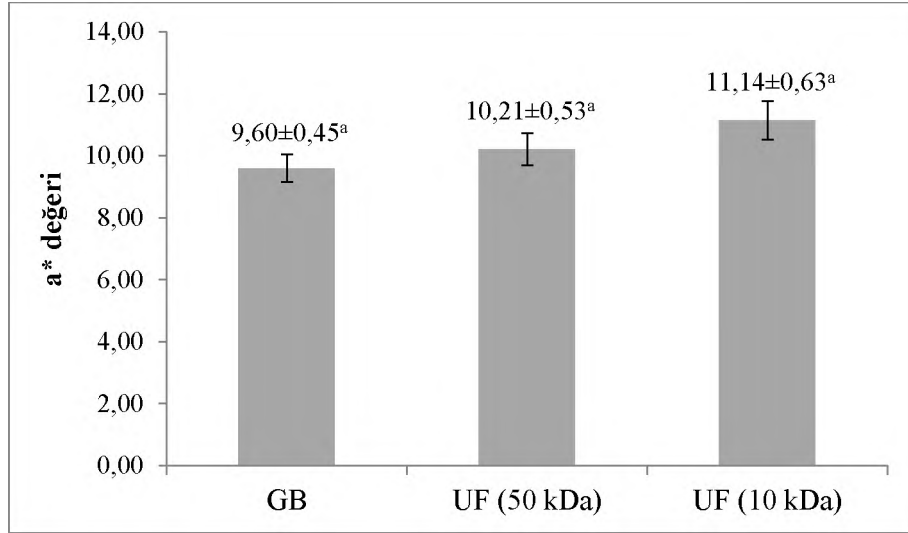
renginde meydana gelen değişimler uygun olmayan işleme koşullarının ya da mikrobiyal bir bozulmanın göstergesi olarak kabul edilmektedir (Aguilo-Aguayo ve ark., 2009; Bhat and Stamminger, 2015; Baht and Goh, 2017). Çilek ve çilek ürünlerindeki çekici parlak kırmızı renk esas olarak yapıda bulunan fenolik bileşenlerden ve özellikle de antosiyaninlerden kaynaklanmaktadır. Söz konusu bileşenlere etki eden gıda işleme proseslerinin tamamı ürün rengine de etki etmektedir (Bermejo-Prada ve Otero, 2016). Şekil 4.34'te farklı yöntemlerle berraklaştırılan örnekler için belirlenen ortalama L* değerleri gösterilmektedir. Bu noktada 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ya da geleneksel yöntemle berraklaştırma neticesinde L* değerleri yaklaşık aynı düzeyde iken, berraklaştırma amacıyla kullanılan ultrafiltrasyon membranı gözenek çapının küçülmesi (10 kDa) durumunda L* değeri daha yüksek bulunmuştur. Renk üzerinde etkili olan bileşenlerin 10 kDa ultrafiltrasyon membranı kullanımında daha fazla tutulması bu sonucun çıkmasında etkili olabilir. Toker ve ark. (2014) kan portakal suyu ile gerçekleştirdikleri çalışmada ultrafiltrasyonda kullanılan membran gözenek çapının küçülmesinin L* değerini arttırdığını rapor etmektedirler. Arend ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada da nanofiltrasyon membranları ile çilek suyunun renk bileşenlerinin önemli oranda tutulduğunu ve buna bağlı olarak permeat kısmında L* değerinin büyük oranda artış gösterdiği bildirilmektedir. Çalışma kapsamında 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırılan örneklerde daha yüksek L* değerleri elde edilmesine karşın varyans analizi sonuçları, bu anlamda gerçekleştirilen farklı uygulamaların L* değeri üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığını da ortaya koymuştur ($p>0,05$).



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

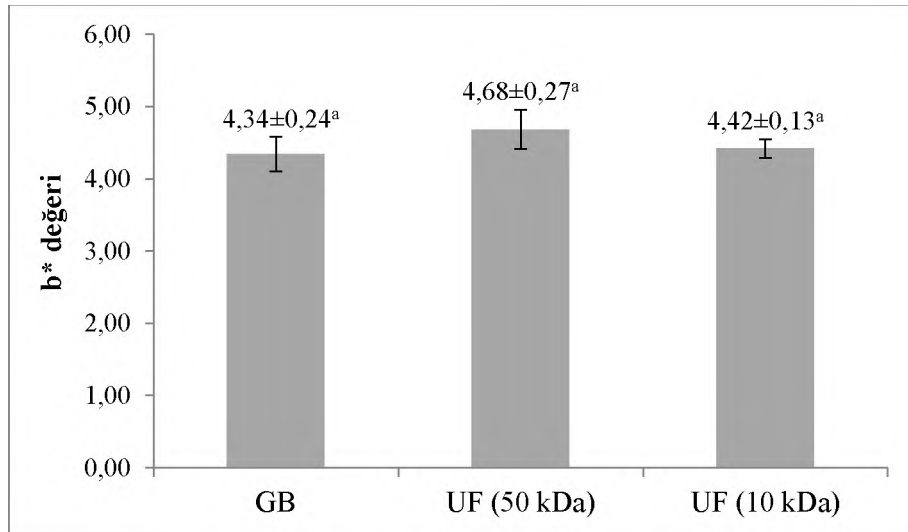
Şekil 4.34. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin L* renk değerleri

Çilek suyunun berraklaştırılmasında kullanılan farklı uygulamaların a* ve b* renk değerleri üzerine etkileri noktasında da benzer değerlendirmeler yapılabilir. Özellikle polimerik renk değerlerinin (Şekil 4.15) daha düşük seviyede olduğu 10 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılan örneklerde a* değerlerinin biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte gerek a* ve gerekse b* noktasında uygulanan farklı berraklaştırma yöntemlerinin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.35-4.36).



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.35. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin a* renk değerleri

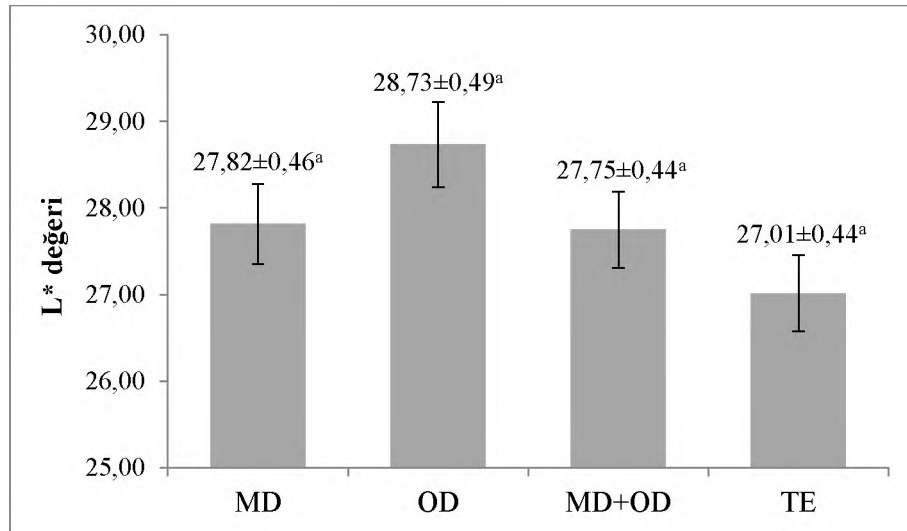


GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.36. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin b* renk değerleri

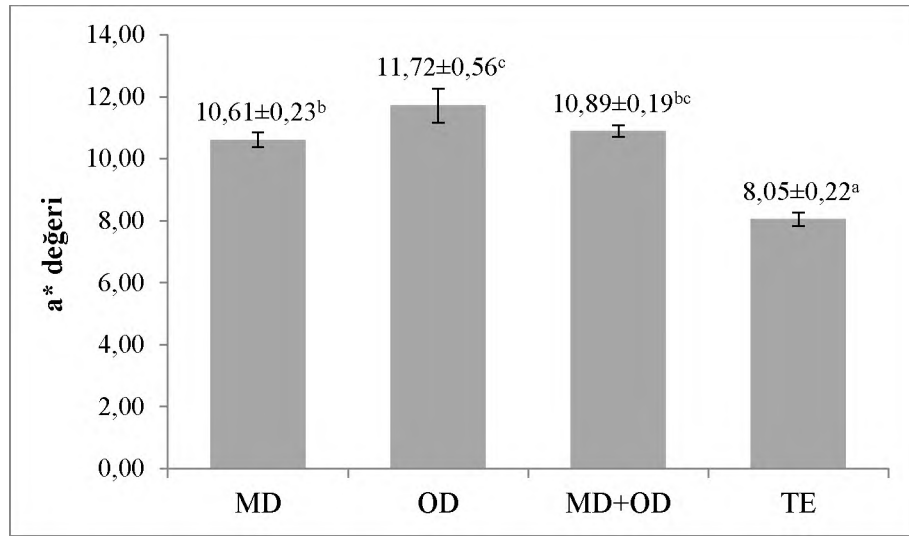
Termal evaporasyon ve membran sistemleri ile konsantre edilen çilek suyu örneklerinin ortalama L*, a* ve b* renk değerleri Şekil 4.37-4.38'de verilmektedir. L* değeri noktasında istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte en düşük skorlar, geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerde saptanmıştır.

a* ve b* değerlerinde ise yine en düşük skorlar geleneksel termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde söz konusu olup, bu kez uygulamanın etkisinin istatistiksel olarak da anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Termal evaporasyon sırasında uygulanan ısı işlemin şiddeti ve süresine bağlı olarak renk üzerinde etkili bileşenlerden özellikle antosiyaninlerin parçalanması ve buna bağlı olarak bu ürünlerde polimerik renk oranlarının da artması renk değerleri açısından elde edilen sonuçları doğrular niteliktedir. Literatür çalışmalarında da meyve suyu örneklerinde, ısı işleme birlikte renk değerlerinde azalmalar rapor edilmektedir (Tomadoni ve ark., 2017). Membran sistemleri kendi aralarında değerlendirildiğinde ise oda sıcaklığı koşullarında konsantrasyonun gerçekleştiği ozmotik destilasyon prosesinin çilek suyu renk değerleri açısından en yüksek skorları verdiği görülmektedir.



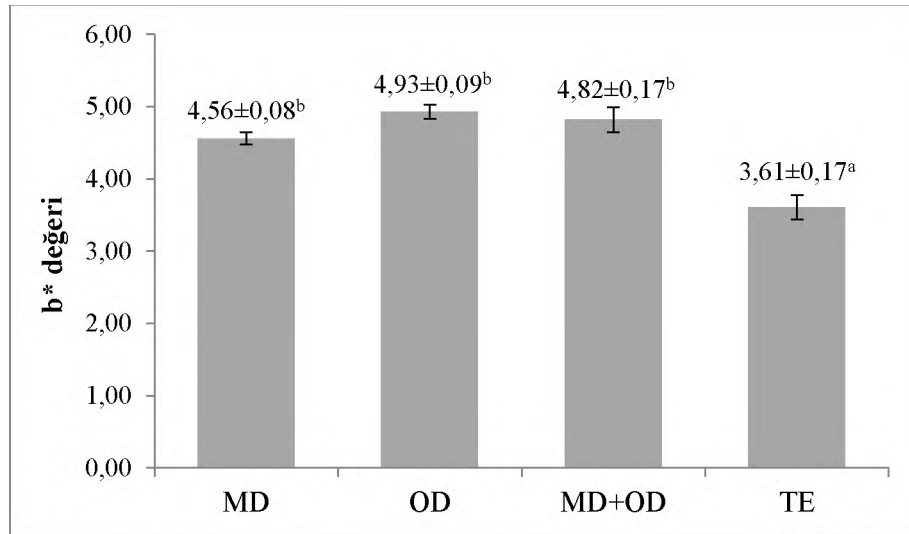
MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.37. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin L* renk değerleri



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Şekil 4.38. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin a* renk değerleri



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Şekil 4.39. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin b* renk değerleri

Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin *chroma* (C*), hue açısı (h*) ve toplam renk farkı (ΔE^*) değerleri Çizelge 4.7'de verilmektedir. Söz konusu renk değerleri L*, a* ve b* kullanılarak matematiksel olarak hesaplanabilmekte olup C* açısından değer yükseldikçe renk

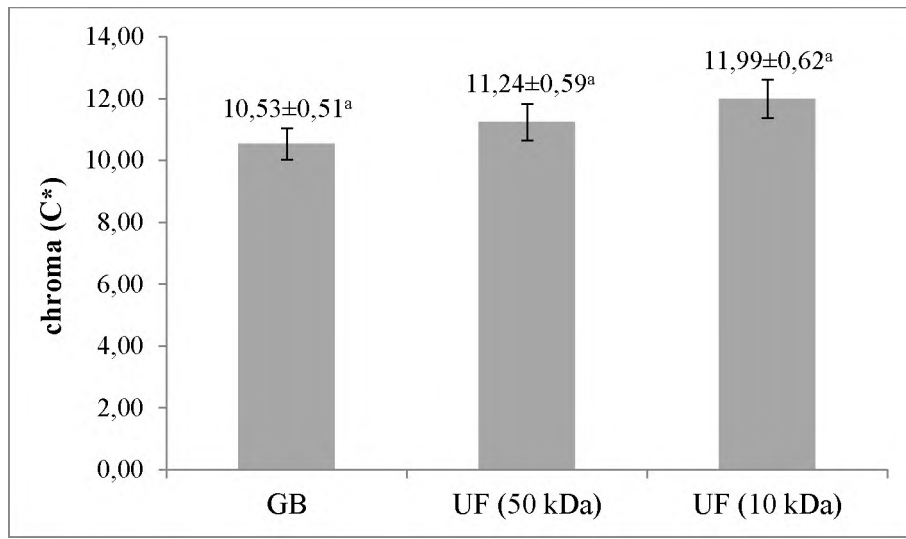
daha parlak, küçüldükçe ise daha mat olarak gözlenmektedir. Derece olarak ifade edilen hue açısı çilek suyu açısından değerlendirildiğinde, 0'a yaklaşması daha kırmızı rengi ifade etmektedir. İki örnek arasındaki "toplam renk farkı"nı tek başına ifade eden ΔE^* değeri ise, rakamsal olarak büyüdükçe karşılaştırılan renklerin arasındaki farkın da büyük olduğunu belirtmektedir.

Çizelge 4.7. Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek sularının *chroma*, hue açısı ve toplam renk farkı değerleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	C*	h*	ΔE^*
1	GD	MD	11,07±0,31	24,65±0,77	1,22±0,54
2	GD	OD	11,41±0,12	24,50±0,78	1,21±0,67
3	GD	MD+OD	11,41±0,20	24,68±0,56	1,25±0,73
4	GD	TE	8,24±0,05	23,25±0,13	2,73±0,44
5	UF (50 kDa)	MD	11,58±0,04	24,24±0,36	1,76±0,27
6	UF (50 kDa)	OD	12,52±0,39	24,13±0,25	1,53±0,19
7	UF (50 kDa)	MD+OD	12,19±0,01	25,79±0,38	1,79±0,56
8	UF (50 kDa)	TE	8,65±0,38	24,23±1,23	3,31±0,08
9	UF (10 kDa)	MD	12,01±0,22	21,08±0,15	1,33±0,14
10	UF (10 kDa)	OD	14,22±0,17	20,31±0,02	1,12±0,21
11	UF (10 kDa)	MD+OD	12,15±0,12	21,15±0,36	1,44±0,31
12	UF (10 kDa)	TE	9,58±0,02	24,92±0,37	3,93±0,40

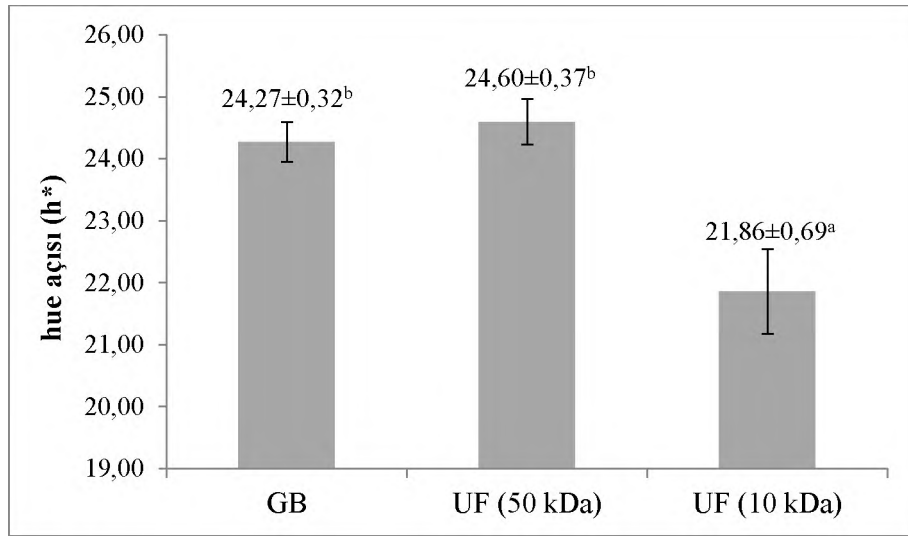
GD: Geleneksel durultma; UF: Ultrafiltrasyon; MD: Membran destilasyon;
OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümüleşik sistem; TE: Termal evaporasyon

Geleneksel jelatin-bentonit durultması yanında ultrafiltrasyon ile berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin ortalama C^* ve h^* değerleri Şekil 4.40-4.41’de verilmektedir. Her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da ($p>0,05$) 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımını durumunda elde edilen C^* değerleri daha yüksektir. Aynı örneklerin h^* değeri ise daha düşüktür ($p<0,05$). Bu anlamda söz konusu çilek suyu örneklerinin daha parlak ve daha kırmızı renge sahip olduğu görülmektedir.



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

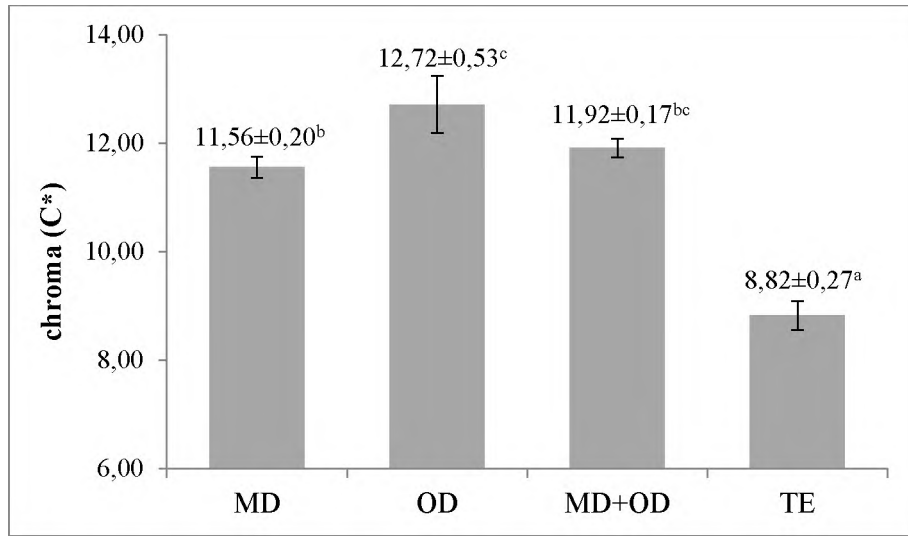
Şekil 4.40. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin chroma (C^*) değerleri



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

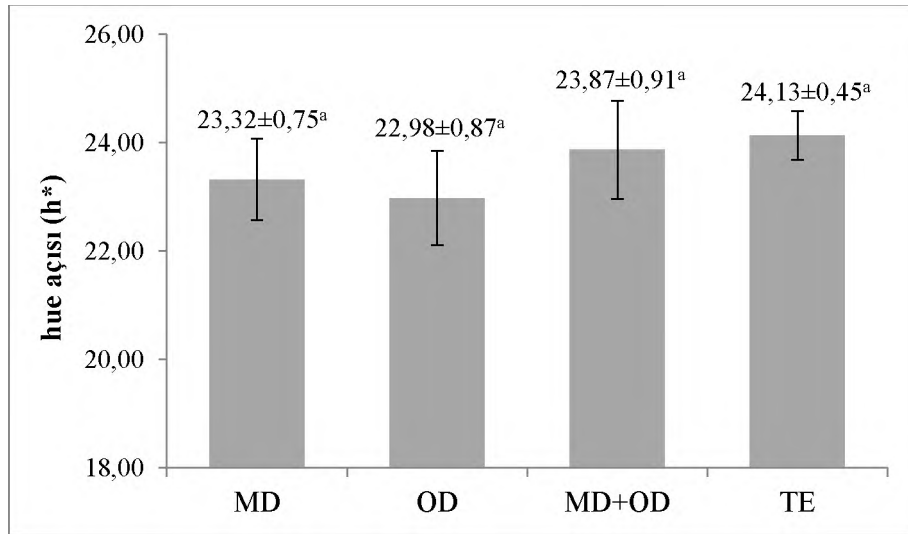
Şekil 4.41. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin hue açısı (h^*) değerleri

Farklı konsantrasyon yöntemlerinin çilek suyu örneklerinin C^* değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerin daha düşük C^* skoruna sahip olduğu, membran sistemleri içerisinde ise ısı işlemin hiç uygulanmadığı yöntem olan ozmotik destilasyonla konsantre edilen örneklerin en yüksek C^* değerlerine sahip olduğu görülmektedir ($p<0,05$) (Şekil 4.42). Bu anlamda membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerin termal evaporasyonla konsantre edilen örneklere kıyasla daha parlak bir görüntüye sahip olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. h^* açısından değerlendirme yapıldığında ise beklenenin aksine uygulanan farklı konsantrasyon yöntemlerinin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.43).



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

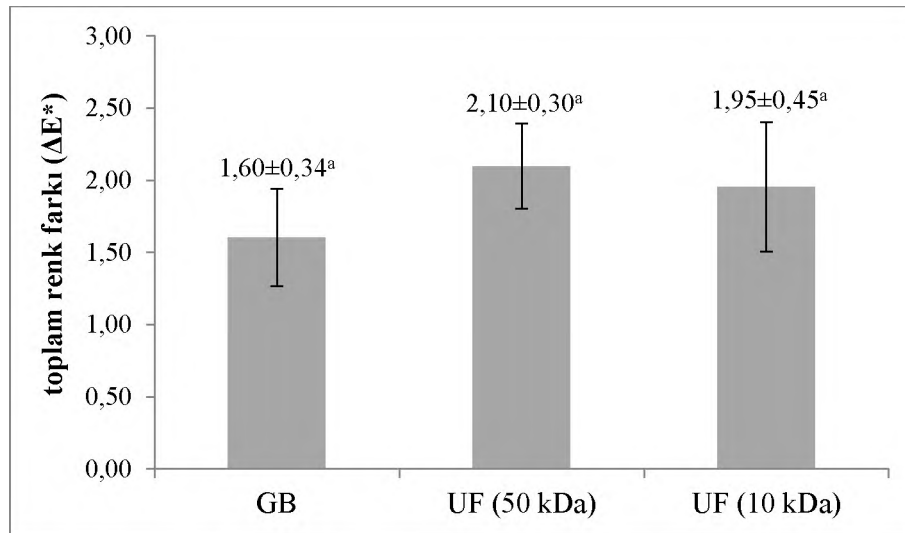
Şekil 4.42. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin chroma (C*) değerleri



MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$)

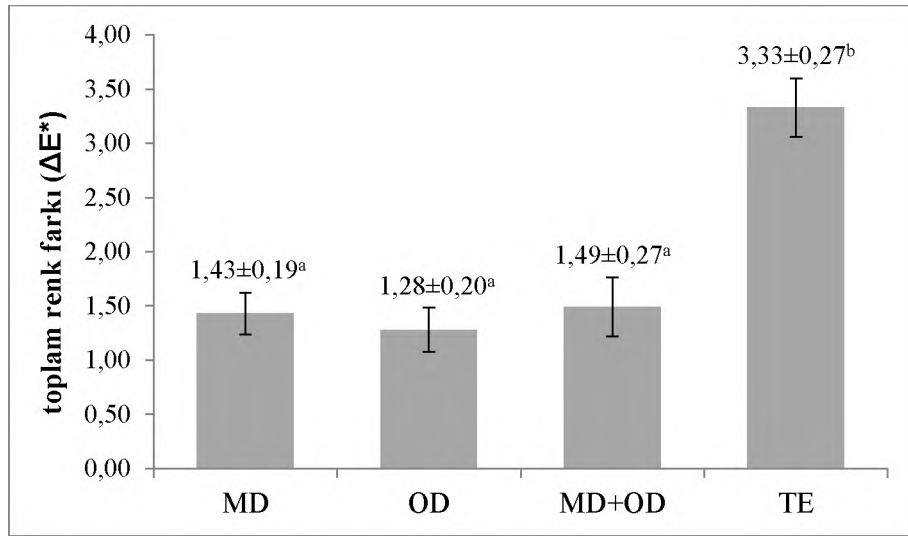
Şekil 4.43. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin hue açısı (h*) değerleri

Renk değerlendirme noktasında en net sonuç veren değerlerden biri olan toplam renk farkı açısından, uygulanan değişik berraklaştırma yöntemlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür ($p>0,05$) (Şekil 4.44). Buna karşılık konsantrasyon yöntemlerinin bu anlamda toplam renk farkı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.45). Nitekim sadece termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen çilek suyu örneklerinde ΔE^* değerleri 3'ün üzerine çıkmış, membran sistemi ile konsantre edilen örneklerde ise 1,5'in altında kalmıştır. İki örnek arasındaki toplam renk farkı bazı araştırmalara göre (Barba ve ark., 2013) 1,5'in üzerinde, bazı araştırmalara göre de (Krapfenbauer ve ark., 2006) 2-3,5 aralığının üzerinde ise deneyimsiz bir gözle de farklılığın belirlenebileceği ifade edilmektedir. Şekil 4.46'da örnek olarak geleneksel yöntemle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin farklı yöntemlerle konsantre edildikten sonra eşdeğer kuru madde içeriğine seyreltilmesi sonucundaki görüntüleri verilmektedir. Yine 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırıldıktan sonra farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklere ait görüntüde, konsantrasyon amacıyla termal evaporasyon kullanılan örnek görsel olarak da net bir şekilde diğerlerinden ayrılmaktadır (Şekil 4.47).



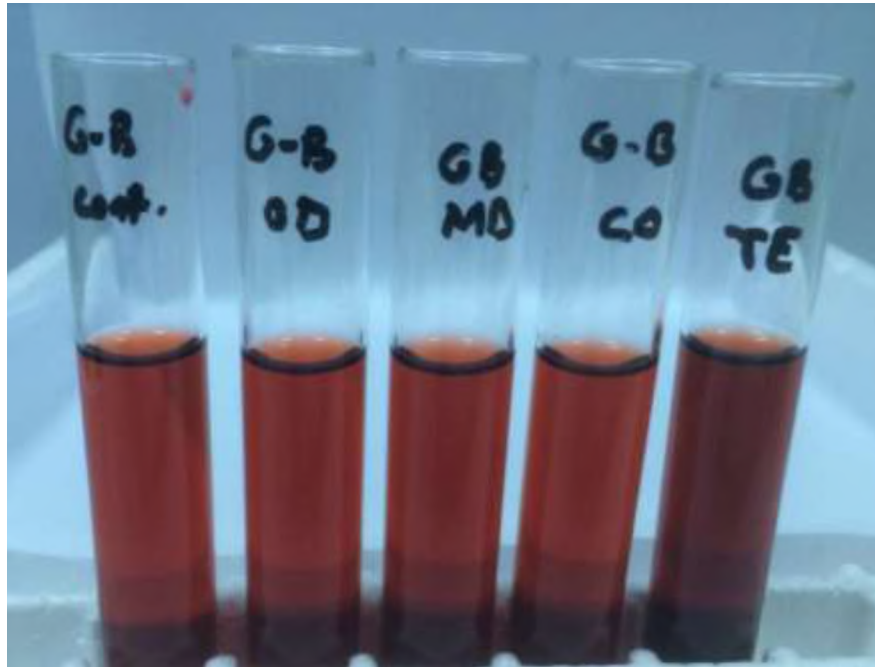
GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon
Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

Şekil 4.44. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan çilek suyu örneklerinin toplam renk farkı (ΔE^*) değerleri

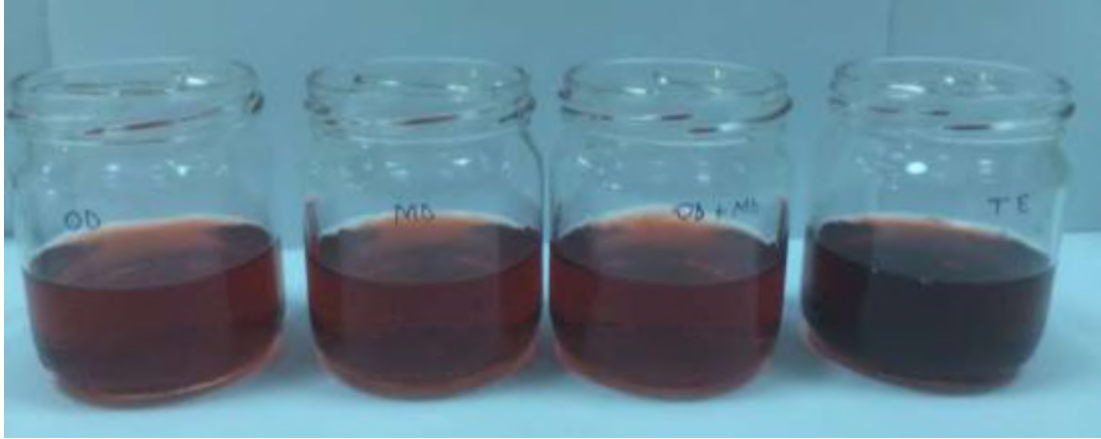


MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümleşik sistem;
TE: Termal evaporasyon
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Şekil 4.45. Farklı yöntemlerle konsantre edilen çilek suyu örneklerinin toplam renk farkı (ΔE^*) değerleri



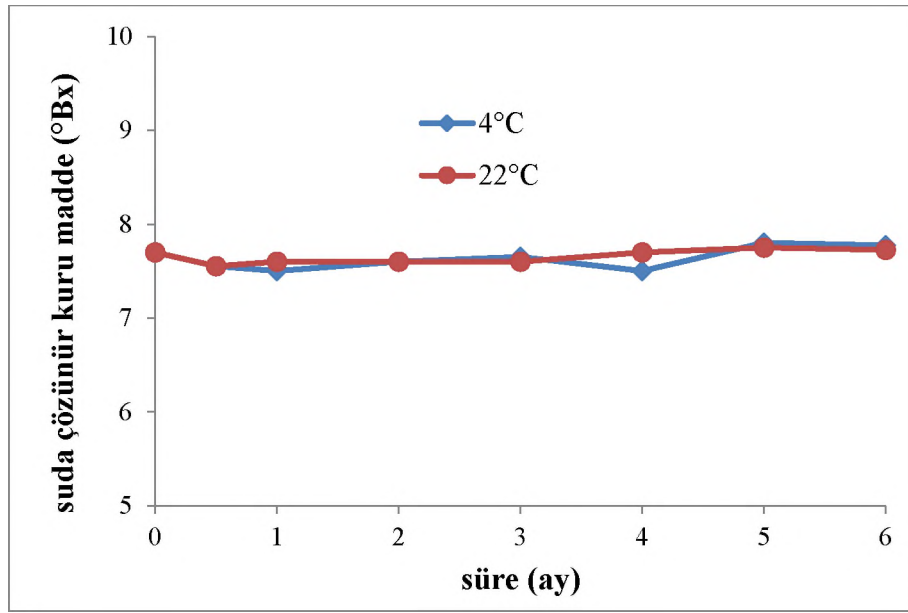
Şekil 4.46. Geleneksel yöntemle berraklaştırıldıktan sonra farklı yöntemlerle konsantre edilen ve eşdeğer kuru madde içeriğine (8°Bx) seyreltilen çilek suyu örneklerinin görünümü



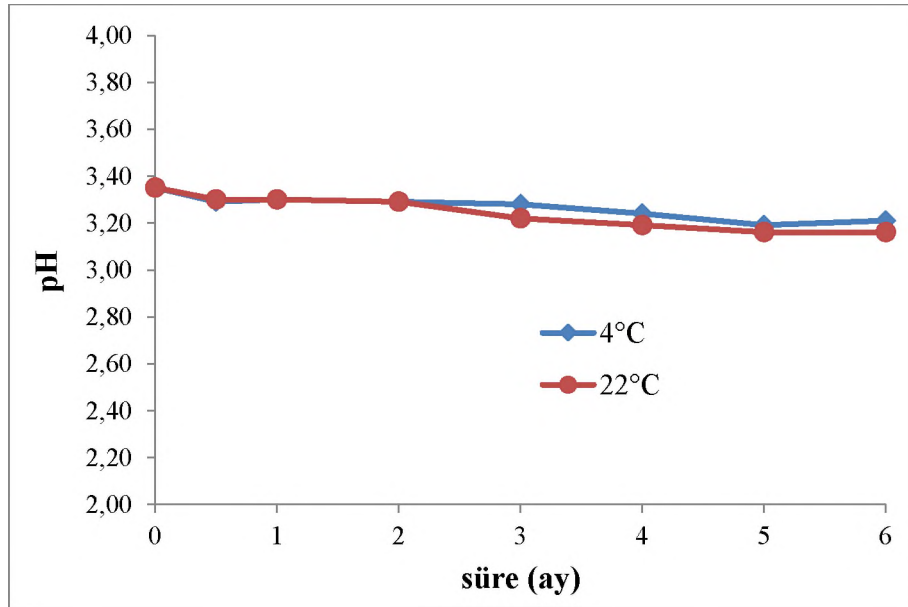
Şekil 4.47. 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırıldıktan sonra farklı yöntemlerle konsantre edilen ve eşdeğer kuru madde içeriğine (8° Bx) seyreltilen çilek suyu örneklerinin görünümü

4.2. Çilek Suyunun Depolanma Sürecinde Bazı Fizikokimyasal Özelliklerindeki Değişimler

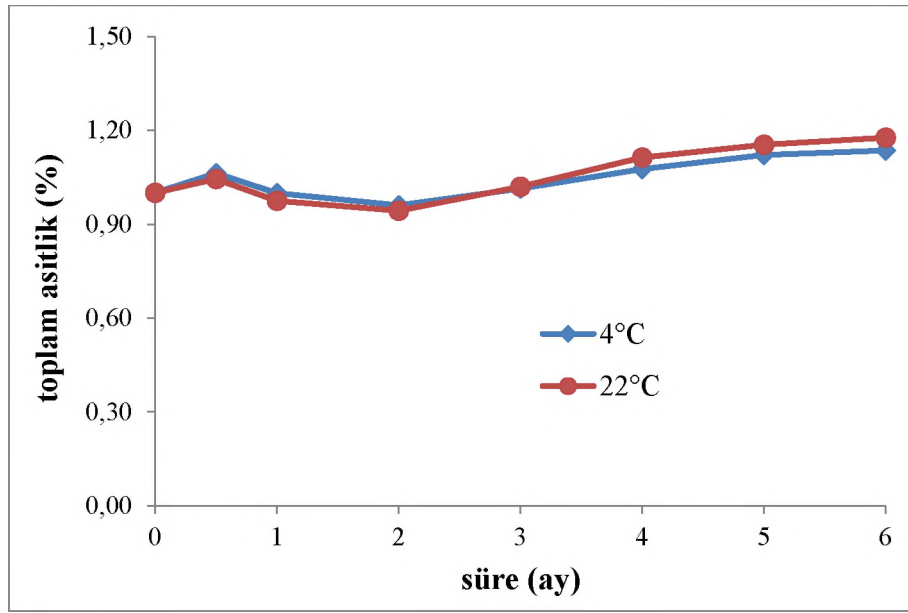
50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırıldıktan sonra 200 mL'lik şişelere doldurulan çilek suyu örneklerinin pastörizasyon işleminin ardından buzdolabı sıcaklığında (4°C) ve oda sıcaklığında (~22°C) 6 ay depolanmaları sürecinde suda çözünür kuru madde, pH ve toplam asitlik içeriklerindeki değişimler Şekil 4.48-4.50'de gösterilmektedir. Depolama süresince çilek suyu örneklerinin suda çözünür kuru madde içeriklerinde önemli bir değişim olmamış ve sıcaklığın etkisi de bu noktada anlamlı bulunmamıştır. pH ve toplam asitlik noktasında da her iki sıcaklıktaki depolama boyunca büyük değişimler söz konusu değildir. Buna karşılık pH değerinde sınırlı düzeyde bir azalış, buna paralel olarak toplam asitlik değerlerinde de sınırlı düzeyde bir artış söz konusudur. Literatürdeki çeşitli araştırmalarda benzer sonuçlar olduğu gibi, tam tersi veriler de mevcuttur. Wibowo ve ark. (2015), pastörize portakal sularının depolanmaları sırasında pH ve toplam asitlik düzeylerinde önemli bir değişim olmadığını bildirmektedirler. Menevşeoğlu (2012) tarafından yapılan çalışmada çilek suyu konsantrelerinin farklı sıcaklıklarda depolanmaları sürecinde pH değerinde kısmi bir artış, toplam asitlik düzeyinde ise kısmi bir azalış rapor edilmektedir. Buna karşılık çeşitli meyve suyu ve karışımlarında depolama boyunca pH değerinin azaldığı ve toplam asitlik değerlerinin arttığını belirten çeşitli araştırmalar da mevcuttur (Nidhi ve ark., 2008; Begum ve ark., 2018; Shamsudin ve ark., 2020).



Şekil 4.48. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde suda çözümlü kuru madde içeriklerindeki değişim

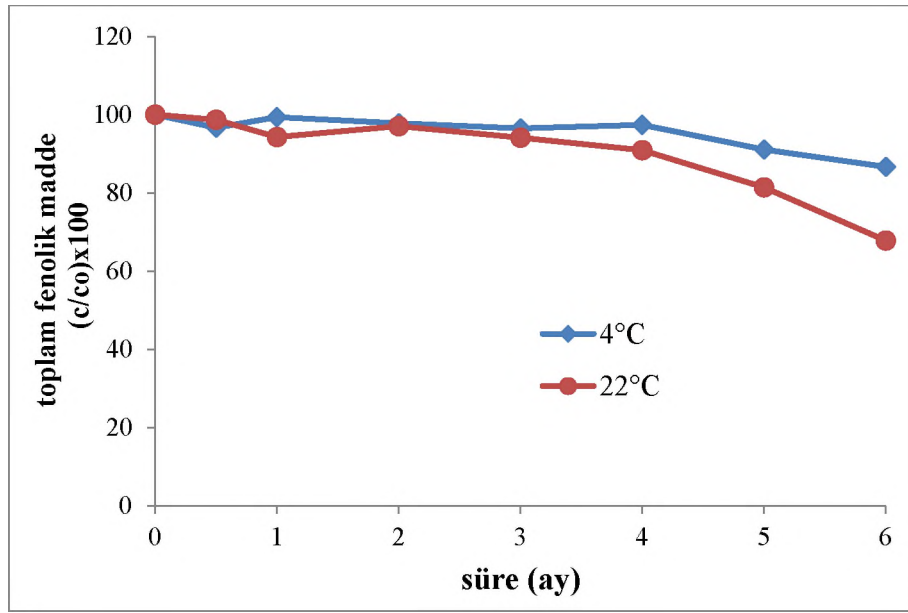


Şekil 4.49. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde pH değerlerindeki değişim



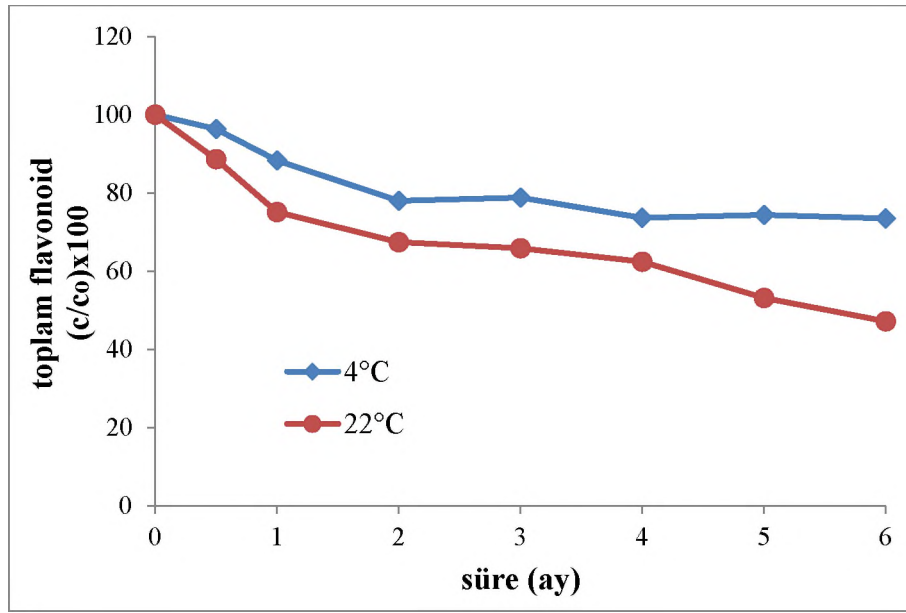
Şekil 4.50. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam asitlik değerlerindeki değişim

Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam fenolik madde içeriklerindeki değişim Şekil 4.51’de verilmiştir. Yaklaşık 4 ay süresince nispeten yatay bir seyir izleyen fenolik madde içeriğinde özellikle son iki depolama ayı içerisinde azalma göze çarpmaktadır ve azalma oranı oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde daha fazladır. Başlangıçta 1067 mg GAE/L düzeyinde toplam fenolik madde tespit edilen çilek suyu örnekleri, oda sıcaklığında muhafaza edilmesi durumunda depolama sonunda 723 mg GAE/L, buzdolabı koşullarında muhafaza edilmesi durumunda ise 925 mg GAE/L toplam fenolik madde içermekte olup bu anlamda sırasıyla %32 ve %13 düzeyinde kayıp söz konusudur. Menevşeoğlu (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada çilek suyu konsantrelerinin 4°C’de 275 gün depolanmaları sonucu toplam fenolik madde içeriğinde %13,5, depolama sıcaklığı 10°C olması durumunda ise %24,4 kayıp olduğu bildirilmektedir. Yine Yıldız ve Aadil (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırmada da çilek suyu örneklerinin depolanmaları sırasında toplam fenolik madde içeriklerinde azalma rapor edilmekte ve söz konusu azalmanın nedeni fenolik bileşenlerin oksidatif degradasyonu olarak ifade edilmektedir.



Şekil 4.51. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam fenolik madde içeriklerindeki değişim

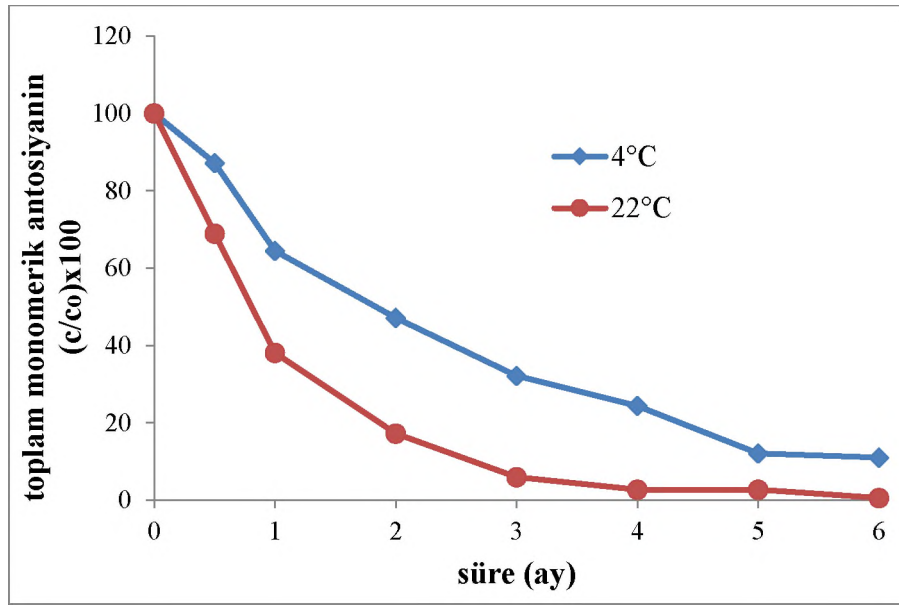
Şekil 4.52'de çilek suyu örneklerinin depolanması sürecindeki toplam flavonoid içeriklerindeki değişim gösterilmekte olup, flavonoid kaybı üzerinde sıcaklığın da etkili olduğu görülmektedir. Nitekim buzdolabı koşullarında muhafaza edilen çilek suyu örneklerindeki toplam flavonoid azalması depolama sonunda %27 düzeyinde iken oda sıcaklığında depolanan örneklerde bu oran %53 düzeyindedir.



Şekil 4.52. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam flavonoid içeriklerindeki değişim

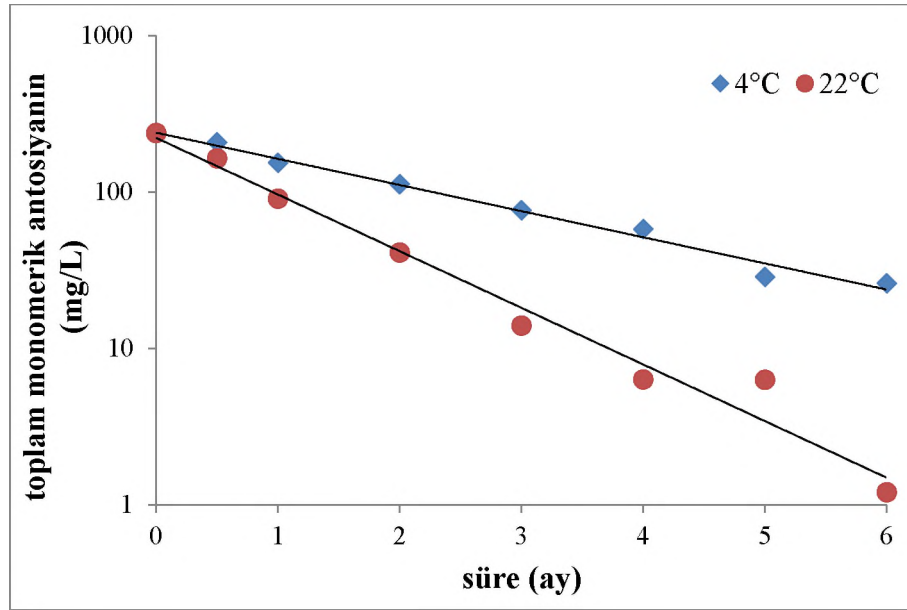
Çilek suyu ve benzeri koyu renkli meyve sularında depolama boyunca değişimin en fazla incelendiği bileşenlerin başında antosiyaninler gelmekte olup, Şekil 4.53’de çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanma süreçlerindeki toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişim gösterilmiştir. Her ne kadar buzdolabı koşullarında muhafaza edilen çilek suyu örneklerindeki antosiyanin kaybı görece daha az ise de her iki sıcaklıktaki depolamada da zamana bağlı olarak önemli oranda antosiyanin kaybı söz konusudur. Nitekim başlangıçta 238 mg/L düzeyinde antosiyanin içeren örneklerde oda sıcaklığında depolamada 2. ay sonunda 41 mg/L seviyesine azalan antosiyanin içeriği ile %83’lük bir azalma söz konusudur. Bu örneklerde 3. ay sonunda ise hemen hemen tüm antosiyaninlerin parçalandığı görülmektedir. Buzdolabı koşullarında muhafaza edilen örneklerde ise 2. ay sonunda yaklaşık %53 ve 6 aylık depolama neticesinde ise %91 düzeyinde antosiyaninlerde azalma söz konusudur. Literatürde de depolama süresi ve sıcaklığının çilek suyu örneklerinde antosiyanin kaybı üzerine etkilerini ortaya koyan çeşitli araştırmalar mevcuttur (Tiwari ve ark., 2009; Cao ve ark., 2012; Bermejo-Prada ve Otero, 2016; Buve ve ark., 2018). Söz konusu araştırmalarda depolama süresince meydana gelen antosiyanin kaybına enzimatik reaksiyonlar, enzimatik olmayan oksidasyon reaksiyonları ve askorbik asit gibi diğer bileşenlerle meydana gelebilecek

kondensasyon reaksiyonlarının yol açtığı ifade edilmektedir. Pastörizasyon uygulaması dolayısıyla enzimatik parçalanmanın bu anlamda çok da etkili olamayacağı değerlendirilmektedir. Enzimatik olmayan oksidasyon reaksiyonlarında ise oksijen antosiyaninlerle direkt reaksiyona girebileceği gibi okside ettiği diğer bileşenlerin antosiyaninlerle reaksiyona girmesi ve renksiz bileşenler oluşturması şeklinde de etki edebilir (Buve ve ark., 2018).



Şekil 4.53. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişim

Diğer pek çok araştırmada da belirtildiği üzere depolama süresince antosiyaninlerde meydana gelen kayıp 1. derece reaksiyon kinetiğine göre gerçekleşmekte olup (Şekil 4.54) bu anlamda elde edilen kinetik parametreler Çizelge 4.8’de verilmektedir. Reaksiyon hız sabitleri üzerinden yapılan değerlendirmede, oda sıcaklığında depolanan çilek suyu örneklerindeki antosiyanin kaybının, buzdolabı koşullarında muhafaza edilenlere kıyasla 2 katın üzerinde bir hızla (2,17 kat) gerçekleştiği görülmektedir. Benzer yorum antosiyanin kaybına ilişkin yarılanma süresi rakamları üzerinden de yapılabilir. Nitekim buzdolabı koşullarında muhafaza edilen çilek suyu örneklerindeki antosiyaninlerin yarılanma ömrü 1,80 ay iken, oda sıcaklığında depolanan örneklerde bu değer 0,83 ay seviyesinde olduğu hesaplanmıştır.



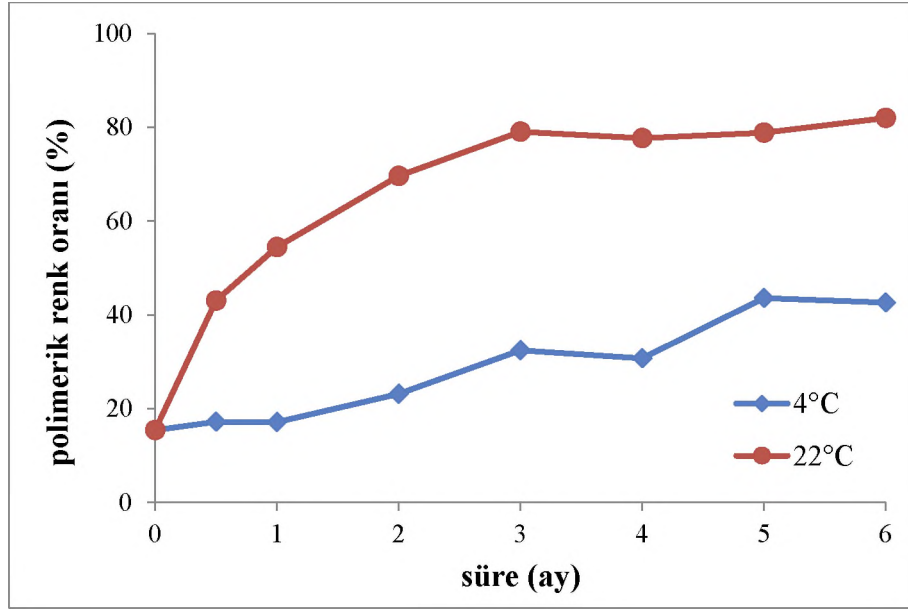
Şekil 4.54. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde 1. derece reaksiyon kinetiğine göre toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişim

Çizelge 4.8. Farklı koşullarda depolanan karadut sularında antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler

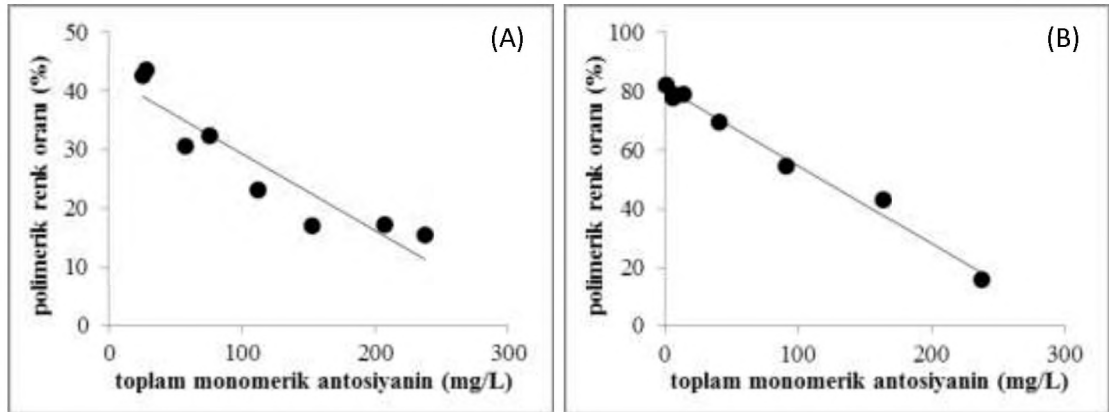
Depolama koşulu	Reaksiyon denklemi	R ²	k (ay ⁻¹)	t _{1/2} (ay)
4°C	$\ln y = -0,3849x + 5,4784$	0,9862	0,3849	1,80
22°C	$\ln y = -0,8340x + 5,4017$	0,9767	0,8340	0,83

Çilek suyu örneklerinin depolama sürecinde antosiyaninlerin parçalanmasına paralel bir şekilde örneklerdeki polimerik renk oranı değerlerinde artış gözlenmiştir (Şekil 4.55). Buzdolabı koşullarında muhafaza edilen örneklerdeki polimerik renk oranı değeri 6 aylık depolama sonunda yaklaşık 2,8 kat artış göstermiş, oda sıcaklığında depolanan örneklerde ise artış oranı 3. ay sonunda 5 katın üzerine çıkmış ve sonraki süreçte örneklerdeki antosiyanin miktarı da neredeyse bittiği için yatay bir seyir izleyerek depolama sonunda 5,3 katlık bir artış söz konusu olmuştur. Gerek buzdolabında ve gerekse oda sıcaklığında depolanan çilek suyu örneklerindeki polimerik renk oranları ile antosiyanin konsantrasyonları arasındaki ilişki de Şekil 4.56'da gösterilmekte olup, Pearson korelasyon katsayıları sırasıyla -0,929 ve -0,993

olarak belirlenmiş ve söz konusu parametreler arasında çok güçlü negatif korelasyonlar ortaya konmuştur.



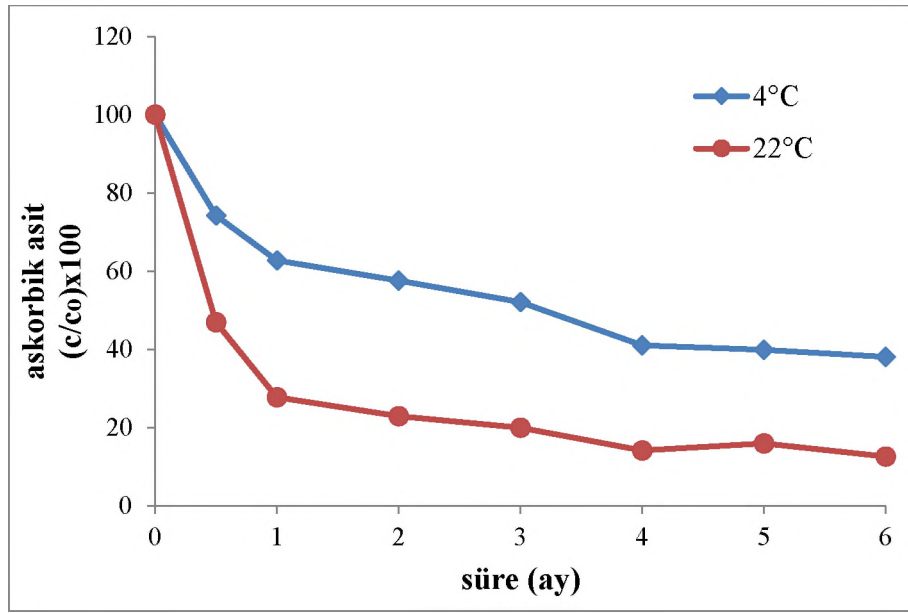
Şekil 4.55. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde polimerik renk oranı değerlerindeki değişim



Şekil 4.56. Buzdolabı (A) ve oda sıcaklığı (B) koşullarında depolanan çilek suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri ve polimerik renk oranı değerleri arasındaki ilişki

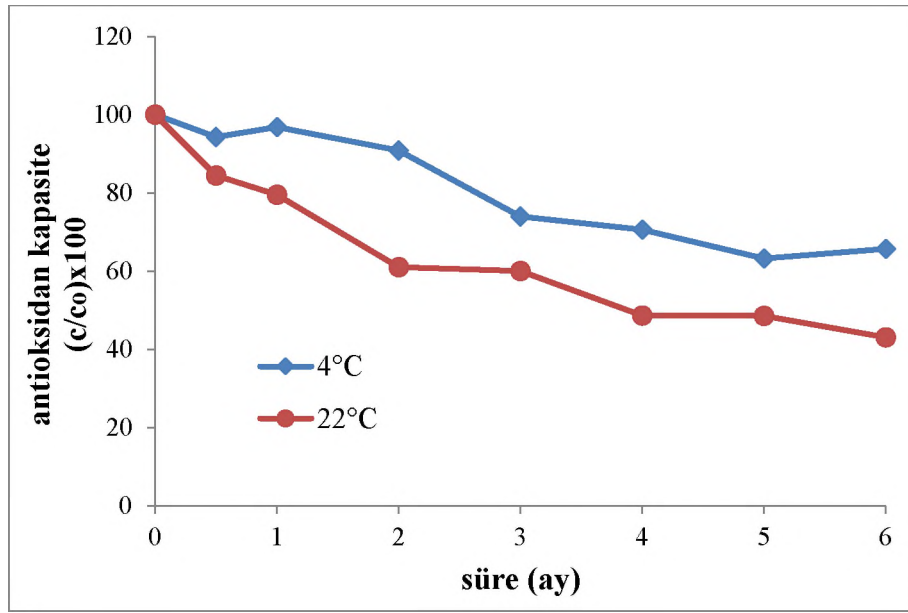
Şekil 4.57'te çilek suyu örneklerinin iki farklı sıcaklıkta depolanması süresince askorbik asit içeriklerindeki değişim gösterilmiştir. Depolama boyunca askorbik asit içeriğinde de azalma gözlenmiş ve depolama sıcaklığı bu anlamda önemli bir faktör

olarak ortaya çıkmıştır. Oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde ilk depolama ayı sonunda %72'lik kayıp meydana gelmiş ve 6 aylık depolama sonundaki kayıp %87 düzeyinde belirlenmiştir. Buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde ise askorbik asit konsantrasyonu 3. ayın sonunda yarıya düşmüş ve depolama sonunda da kayıp oranı %62 olarak saptanmıştır. Çilek suyunun depolanması sırasında askorbik asit kaybının önemli düzeyde olduğunu bildiren başka araştırmalar da mevcuttur (Murtaza ve ark., 2004; Hartmann ve ark., 2008; Yıldız ve Aadil, 2020). Yine Odriozola-Serrano ve ark. (2008), pastörize çilek suyunda 8 haftalık depolama sonunda %80 düzeyinde askorbik asit kaybı olduğunu bildirmektedirler. Sapei ve Hwa (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da herhangi bir ısıl işlem uygulaması yapılmayan çilek suyu örneklerindeki askorbik asit miktarının 28°C'de 8 saatlik depolama sonunda tamamen bittiği ifade edilmektedir. Marszalek ve ark. (2015), çilek suyu içerisinde askorbik asit parçalanmasının çok hızlı bir şekilde gerçekleştiğini ve bu anlamda Avrupa Meyve Suyu Derneği (AIJN) Uygulama Esasları (Code of Practise) kapsamında da çilek sularında askorbik asit varlığının bir gereklilik olmadığını belirtmektedirler. Depolama sırasındaki askorbik asit azalması aerobik ya da anaerobik yoldan gerçekleşebilmektedir (Buve ve ark., 2018). Aerobik yolla gerçekleşen parçalanmada askorbik asit öncelikle dehidroaskorbik asite okside olmakta ve sonrasında dönüşümsüz olarak 2,3-diketoglukonik asit ve diğer parçalanma ürünlerine dönüşmektedir. Anaerobik koşullarda ise askorbik asit dehidroaskorbik asit yerine direkt diketoglukonik asite ve sonrasında farklı reaksiyon basamaklarından geçerek furfurallere parçalanmaktadır.



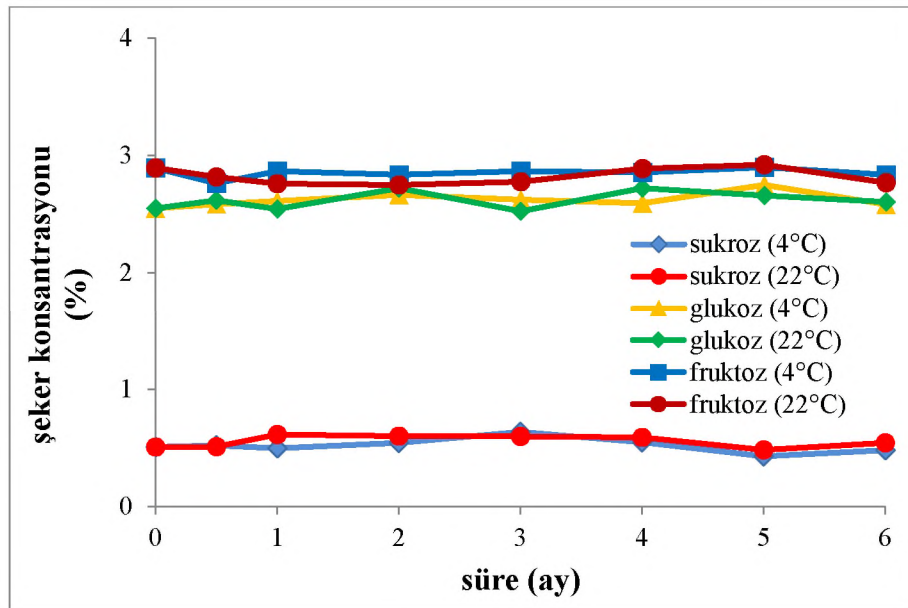
Şekil 4.57. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde askorbik asit içeriklerindeki değişim

Çilek suyu örneklerinin antioksidan kapasite içeriklerinde depolama boyunca meydana gelen değişim Şekil 4.58'de gösterilmektedir. Antioksidan kapasiteye etki eden temel bileşenlerden askorbik asit, toplam flavonoid ve antosiyaninlerin depolama boyunca azaldığı göz önüne alındığında doğal olarak antioksidan kapasitenin de azalması beklenen bir sonuçtur. Söz konusu azalma üzerine sıcaklığın etkisi de önemli olup, antioksidan kapasite değerlerinde oda sıcaklığında depolanan örneklerde 6 ay sonunda %57, buzdolabı koşullarında muhafaza edilenlerde ise %34 kayıp söz konusudur. Oszmianski ve Wojdylo (2009) ve Yıldız ve Aadil (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda da çilek sularının depolanmaları sırasında antioksidan kapasite içeriklerinde azalma meydana geldiği bildirilmektedir. Menevşeoğlu (2012) da çilek suyu konsantrelerinin 4°C'de 275 gün depolanması sonrasında antioksidan kapasite değerinde %18, 20°C'de 50 gün depolama sonunda ise %21,8 azalma rapor edilmektedir.



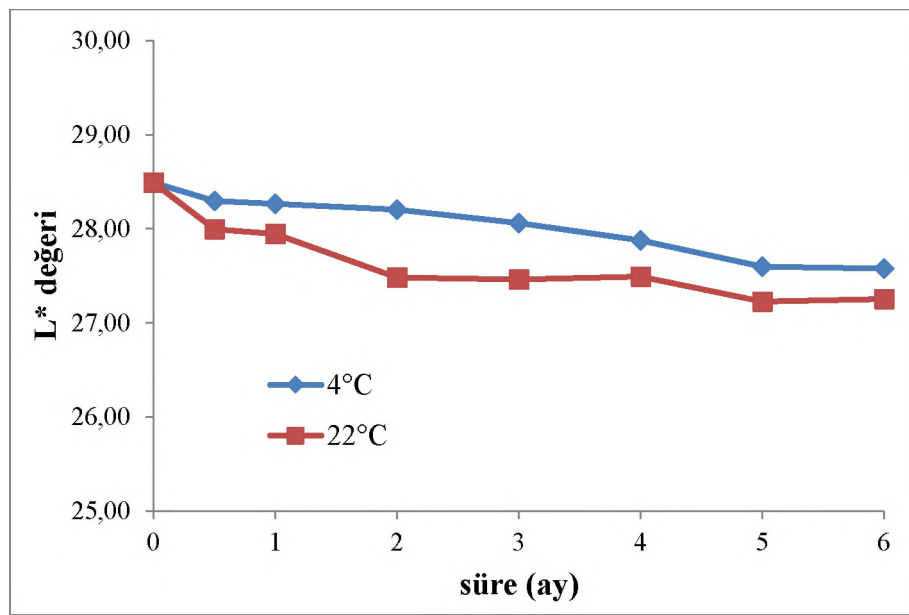
Şekil 4.58. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde antioksidan kapasite içeriğindeki değişim

Şekil 4.59'da çilek suyu örneklerinin depolanmaları sürecinde sukroz, glukoz ve fruktoz içeriklerindeki değişim gösterilmektedir. Her üç şeker için de depolama boyunca önemli bir değişim gözlenmemiş ve depolama sıcaklığının da bu anlamda bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

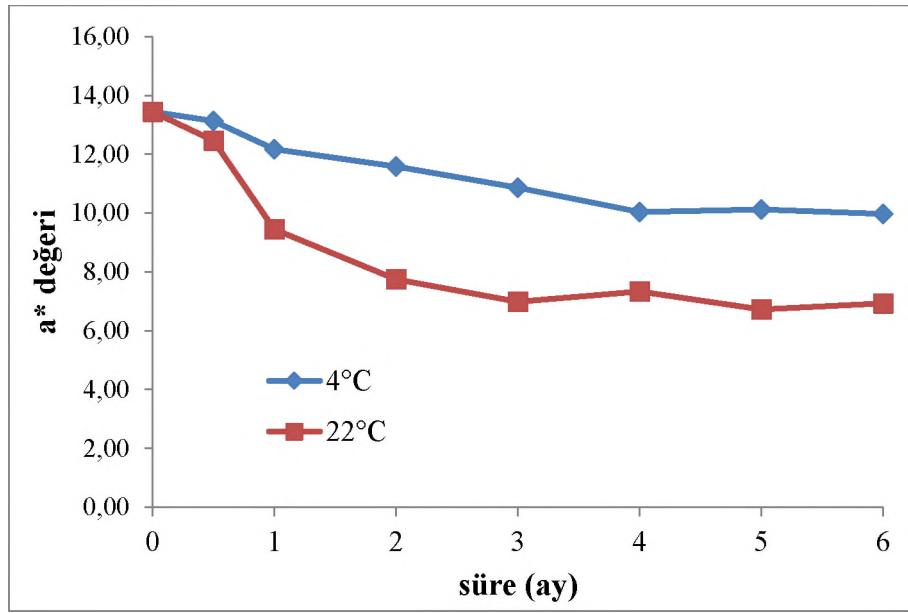


Şekil 4.59. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde şeker içeriklerindeki değişim

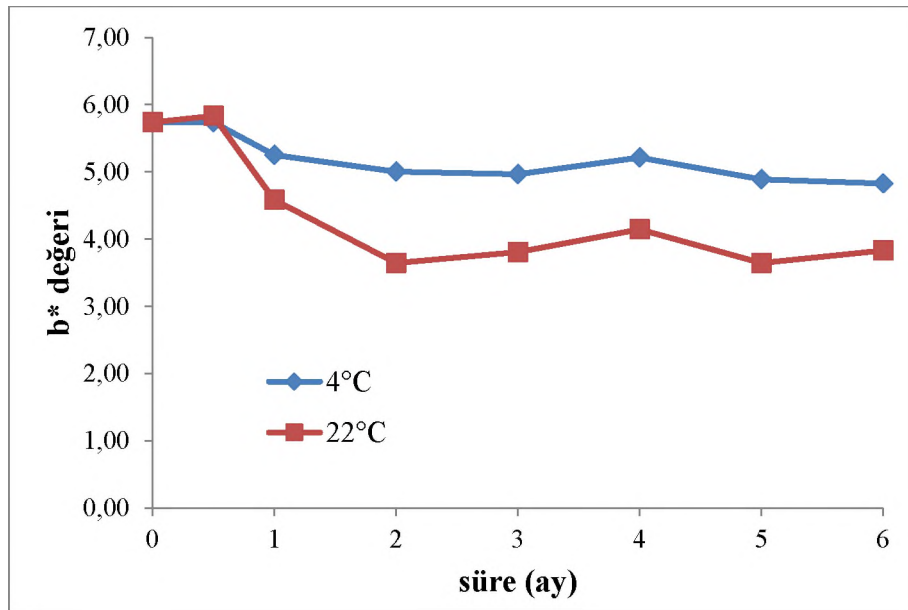
Farklı sıcaklıklarda 6 ay süre ile depolanan çilek suyu örneklerinin L^* , a^* ve b^* renk değerlerindeki değişimler Şekil 4.60-4.62’de gösterilmiştir. Her üç renk parametresi bakımından da depolama boyunca azalma söz konusu olup, oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerdeki azalma oranı daha belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Renk üzerine etkili fenolik bileşenler ve özellikle de antosiyaninlerdeki kayıp dolayısıyla söz konusu renk parametrelerinde de azalma söz konusudur.



Şekil 4.60. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde L^* değerlerindeki değişim



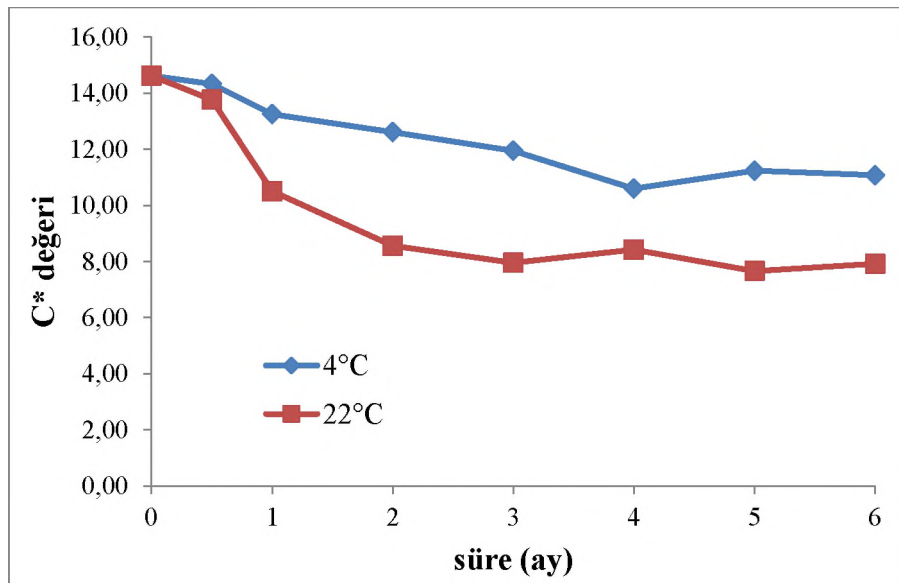
Şekil 4.61. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde a^* değerlerindeki değişim



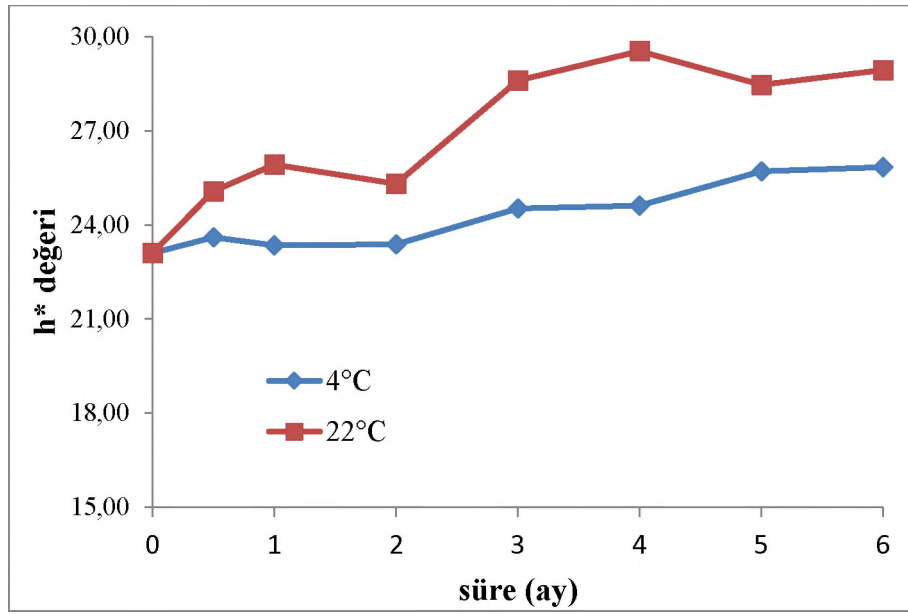
Şekil 4.62. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde b^* değerlerindeki değişim

Şekil 4.63-4.65'de ise çilek suyu örneklerinin depolanmaları sürecinde *chroma*, hue açısı ve toplam renk farkı değerlerindeki değişim verilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi C^* değeri yüksek olan örneklerin parlaklıkları düşük olanlara göre daha fazladır. Bu anlamda depolama boyunca her iki sıcaklıkta da C^* değerlerinde

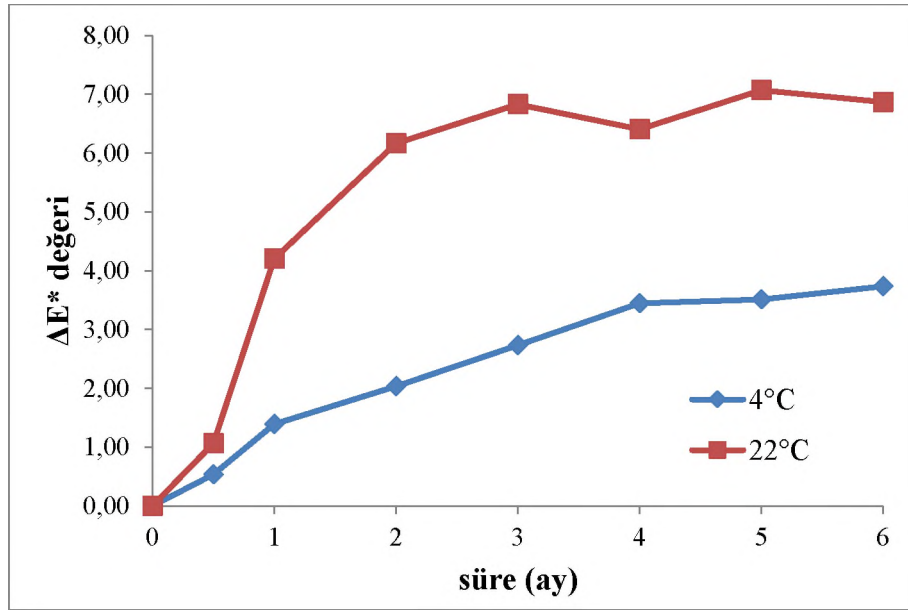
azalma olmakla birlikte, buzdolabı koşullarında muhafaza edilen örneklerin daha parlak bir renge sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde h^* değeri için 0 derece kırmızıya karşılık gelmekte olup, değerin büyümesi kırmızılığın da azalması anlamına gelmektedir. Bu noktada depolama boyunca hue açısı değerleri artmış ve bu artış oda sıcaklığında depolanan örneklerde daha fazla olmuştur. Yine toplam renk farkı açısından da değerin matematiksel olarak küçük olması, referans örneklerle yapılan karşılaştırmada o örneğe renk açısından daha fazla yakın olma durumunu ortaya koymaktadır. Depolama boyunca ΔE^* değeri artış göstermiş, özellikle oda sıcaklığında depolanan örneklerde depolamanın 1. ayı sonunda 4'ün üzerine çıkmıştır. Buzdolabı koşullarında muhafaza edilen örneklerin toplam renk farkı açısından daha iyi skorlara sahip olduğu görülse de bu örneklerde de 6 aylık depolama sonunda ΔE^* değerinin 3'ün üzerine çıktığı görülmektedir. Buve ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da pastörize edilmiş çilek suyu örneklerinin toplam renk farkı skorlarının, insan gözünün de rahatlıkla algılayabileceği 3 değerinin üzerine çok kısa bir süre içerisinde çıkabildiği ifade edilmektedir. Şekil 4.63'te buzdolabı ve oda sıcaklığı koşullarında depolanan çilek suyu örneklerinin görselleri, Şekil 4.67'te ise aynı görseller depolama süresince karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



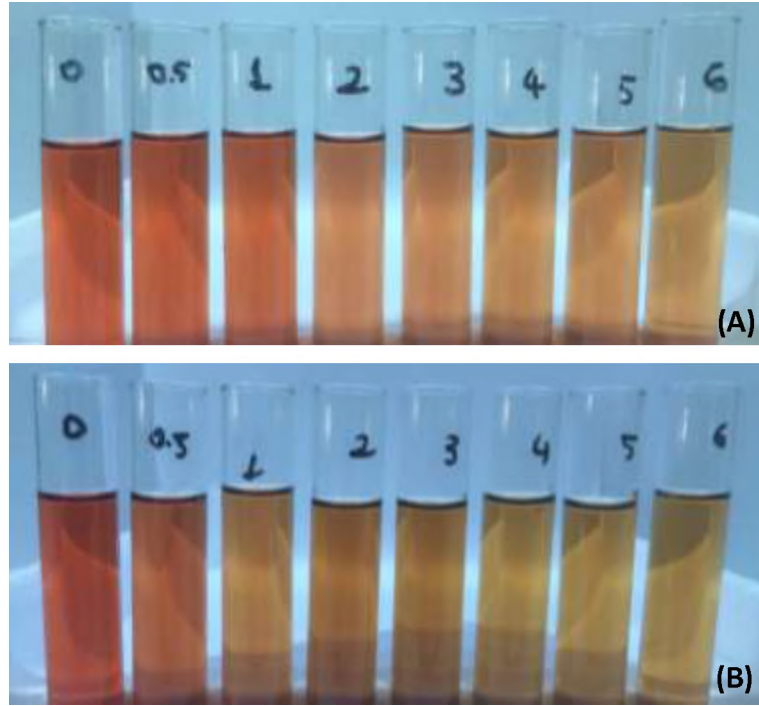
Şekil 4.63. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde C^* değerlerindeki değişim



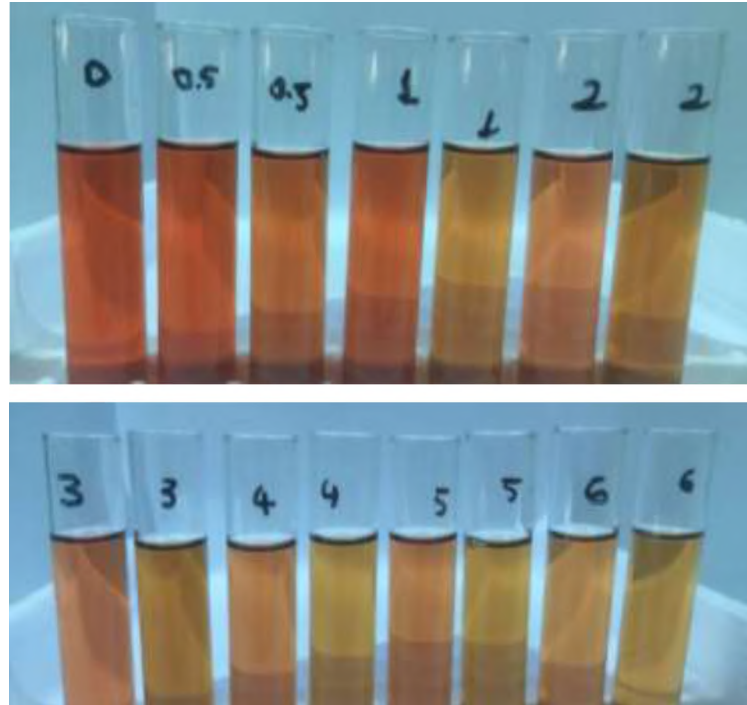
Şekil 4.64. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde h^* değerlerindeki değişim



Şekil 4.65. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde ΔE^* değerlerindeki değişim

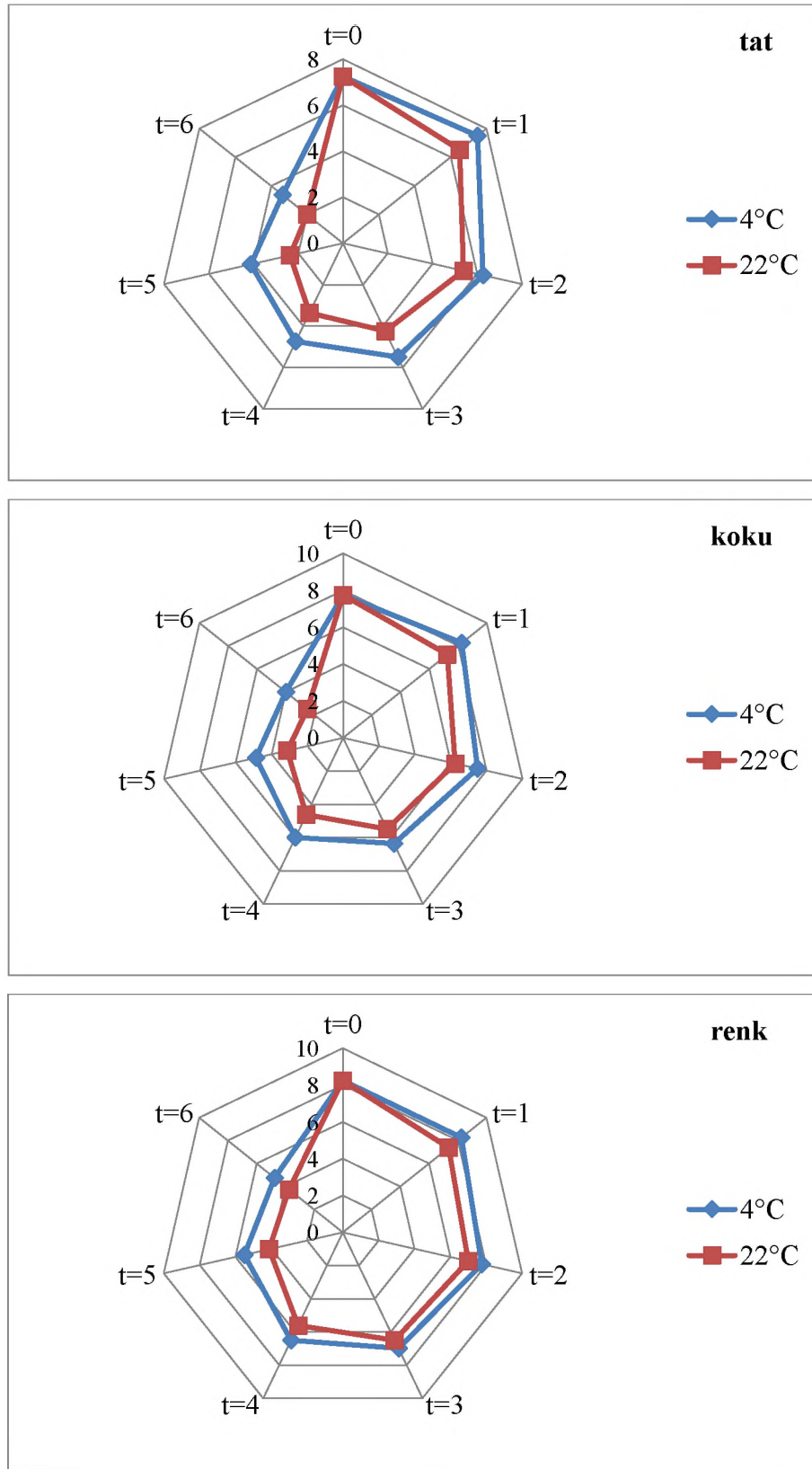


Şekil 4.66. Çilek suyu örneklerinin (A) buzdolabı sıcaklığında ve (B) oda sıcaklığında depolanma süresince aylık görünüşleri



Şekil 4.67. Çilek suyu örneklerinin buzdolabı sıcaklığında ve oda sıcaklığında depolanma süresince karşılaştırmalı görünüşleri (Rakamlar depolama ayını göstermekte olup, aynı rakam için soldaki örnekler buzdolabı sıcaklığında, sağdaki örnekler ise oda sıcaklığında depolanan örnekleri göstermektedir)

Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmaları sürecinde tat, koku ve renk verileri üzerinden duyusal değerlendirme gerçekleştirilmiş olup, bu anlamda elde edilen veriler Şekil 4.68’de verilmektedir. Depolama boyunca, değerlendirilen her üç parametre bakımından da zamanla daha düşük skorların alındığı görülmektedir. Depolama sıcaklığı da bu anlamda önemli olup, buzdolabı koşullarında muhafaza edilen örneklerde elde edilen skorlar, oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklere kıyasla daha yüksektir. Murtaza ve ark. (2004) tarafından çilekli içeceklerde gerçekleştirilen bir çalışmada da renk, tat ve koku açısından buzdolabında muhafaza edilen örneklerin, daha yüksek sıcaklıklarda muhafaza edilenlere kıyasla çok daha iyi sonuçlar verdiği rapor edilmektedir.



Şekil 4.68. Çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince tat, koku ve renk değerlerindeki değişimine ait duyu analizi grafikleri

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çeşitli vitamin ve mineraller yanında özellikle antioksidan etkili bileşenler yönünden de zengin bir kaynak konumundaki meyve suları sağlıklı diyetin önemli bir parçası olarak değerlendirilirler. Meyve suyu işlemede, güvenlik ve kalitenin iyileştirilmesi, besinsel değer, tüketici beklentileri, ürün ve işlem maliyetlerinin azaltılması gibi pek çok faktör göz önünde bulundurulmakta olup, geleneksel üretim teknolojilerinin iyileştirilmesi bakımından da yoğun çalışmalar söz konusudur. Bu noktada meyve suyu ve konsantresi üretiminde berraklaştırma ve konsantrasyon aşamalarında membran teknolojilerinden yararlanılması önemli bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda gerçekleştirilen tez çalışmasında çilek suyu üretim süreci içerisinde yer alan berraklaştırma aşamasında geleneksel olarak uygulanan jelatin-bentonit uygulaması yerine ultrafiltrasyon kullanımının ürün karakteristikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Yine konsantrasyon amacıyla geleneksel olarak uygulanan termal evaporasyon yerine membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve her iki yöntemin kombine olarak kullanıldığı tümleşik sistemden yararlanılması üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca, pastörize edilmiş çilek suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince çeşitli ürün karakteristiklerindeki değişimler ele alınmıştır.

Meyve suyu üretiminde berraklaştırma amacıyla ultrafiltrasyondan yararlanılması ile geleneksel uygulamada kullanılan durultma yardımcı maddelerine olan ihtiyaç ortadan kalktığı gibi, sürecin hızlandırılması noktasında da avantaj söz konusudur. Geleneksel jelatin-bentonit durultması ve ultrafiltrasyon uygulamasının çilek suyu örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri karşılaştırıldığında, kullanılan ultrafiltrasyon membranlarının gözenek büyüklüğünün elde edilen veriler üzerinde önemli sonuçları olduğu görülmüştür. Çilek suyu berraklaştırılması amacıyla 50 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı veya geleneksel jelatin-bentonit uygulaması durumunda, ürün karakteristikleri açısından benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna karşılık çalışma kapsamında değerlendirilen ve 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ise özellikle fenolik bileşenlerin söz konusu membranda tutulumunun daha fazla

gerçekleşmesine yol açmıştır. Nitekim pH, toplam asitlik, askorbik asit ve şekerler gibi çeşitli özellikler açısından kullanılan iki farklı gözenek çapına sahip membranların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuşken, özellikle toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve kısmen antosiyaninler noktasında 10 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılan örneklerde daha düşük skorlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak da söz konusu örneklerin antioksidan kapasite içerikleri de daha düşük seviyede belirlenmiştir.

Çilek suyu konsantrasyonu amacıyla geleneksel olarak kullanılan termal evaporasyon yerine membran sistemlerinden yararlanılması, değerlendirilen pek çok analitik özellik açısından avantajlı sonuçlar ortaya koymaktadır. Nitekim gıda işleme prosesleri sırasında ısı işlem kaynaklı olumsuzlukların bir göstergesi konumunda olması dolayısıyla bir kalite kriteri olarak da değerlendirilen HMF oluşumu, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerde söz konusu değilken, sadece termal evaporasyon ile konsantre edilen örneklerde tespit edilmiştir. Yine fenolik bileşenler ve özellikle antosiyaninlerin korunması noktasında membran sistemleri ile konsantrasyonun çok daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Toplam monomerik antosiyanin miktarı, termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde membran sistemleri ile konsantre edilenlere kıyasla ortalama %40 daha düşük düzeydedir. Bu durum ısıya karşı duyarlılığı bilinen antosiyaninlerin termal evaporasyon sürecinde çok daha hızlı bir şekilde parçalandığını göstermektedir. Nitekim antosiyaninlerin parçalanmaları sonucu meydana gelen polimerik renk oluşumu ve buna bağlı polimerik renk oranı değerleri de membran sistemleri ile konsantre edilen çilek suyu örneklerinde %15 seviyelerinde iken, konsantrasyon amacıyla termal evaporasyon kullanımı durumunda %35 seviyelerine çıkmıştır. Meyve suyuna rengini de veren önemli bileşenlerden olan antosiyaninlerdeki parçalanma renk değerleri noktasında da etkisini göstermiş ve bu anlamda değerlendirmeye alınan renk parametrelerinin çoğunda konsantrasyon amacıyla membran sistemlerinin kullanımının avantajı ortaya konmuştur. Renk değerlendirme noktasında en net sonuç veren verilerden biri olan toplam renk farkı açısından, termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde ortalama ΔE^* değeri 3'ün üzerinde tespit edilmiş ve bu anlamda renkteki değişim sıradan bir göz ile de algılanabilir boyuta ulaşmıştır. Membran destilasyon, ozmotik

destilasyon ve tümleşik sistem ile konsantrasyonun yukarıda ifade edilen avantajlarına karşın, çilek suyu örneklerindeki askorbik asitin korunumu noktasında termal evaporasyon yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Isıl işlem yanında askorbik asit parçalanması üzerinde en önemli faktörlerden biri oksidasyondur. Bu anlamda meyve suyunun membran sistemleri ile konsantrasyonu sürecinde uzun bir süre sistemdeki sirkülasyonuna bağlı olarak oksidasyona dayalı askorbik asit kaybının fazla olduğu değerlendirilmektedir. Gerek membran sistemleri ve gerekse termal evaporasyon uygulaması ile konsantre edilen örneklerin pH, toplam asitlik ve meyve suyunda başlıca tespit edilen şekerler olan sukroz, glukoz ve fruktoz içeriklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Yine antioksidan kapasite açısından da konsantrasyon yöntemlerinin anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Esasında antosiyaninler gibi antioksidan kapasite üzerinde etkili fenolik bileşenlerin termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde oldukça düşük olması, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerin antioksidan kapasite içeriklerinin de yüksek olması beklentisini doğurmaktadır. Bununla birlikte yine antioksidan kapasite üzerine önemli etkisi olan askorbik asitin membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerde daha fazla parçalanması, antioksidan kapasite açısından böyle bir sonucun çıkmasına yol açtığı değerlendirilmektedir. Dolayısıyla membran sistemleri ile konsantrasyonda ortaya konan pek çok avantaj yanında askorbik asit açısından belirlenen söz konusu olumsuzluğun minimize edilebilmesi noktasında da özellikle oksidasyonun engellenmesine yönelik çalışmalar yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Konsantrasyon amacıyla membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik sistemin kendi aralarında karşılaştırılması durumunda ise, genel olarak söz konusu uygulamaların ürün karakteristikleri açısından anlamlı bir fark yaratmadığı belirlenmiştir. Tümleşik sistem, membran destilasyon ve ozmotik destilasyonun kombinasyonu şeklinde uygulandığından bu prosesdeki konsantrasyon süresi, diğer uygulamalara göre hemen hemen yarıya düşmektedir. Bu anlamda tümleşik sistem uygulaması askorbik asit kaybı noktasında meyve suyunun oksidasyona maruz kalma süresini de kısaltacağından daha avantajlı görülmektedir. Ayrıca membran destilasyon ve ozmotik destilasyon proseslerinde de evaporasyon akısının artırılması

ve böylelikle konsantrasyon sürelerinin kısaltılması için çalışmaların yapılması, bu uygulamaların endüstriye adaptasyonu açısından önemli kazanımlar sağlayacaktır. Yine çilek gibi başlangıç suda çözünür kuru madde içeriği nispeten düşük ürünler açısından ters ozmoz gibi bir uygulama ile ön konsantrasyon yapılması da daha iyi sonuçların elde edilmesi noktasında değerlendirilebilir.

Çalışmanın son aşamasında buzdolabı koşullarında ve oda sıcaklığında 6 ay depolanan çilek suyu örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özelliklerindeki değişim ele alınmış ve gerek depolama süresi ve gerekse depolama sıcaklığının incelenen pek çok parametre açısından bu anlamda etkili olduğu belirlenmiştir. Nitekim depolama süresince toplam flavonoid, toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit gibi antioksidan kapasite üzerine de etkili önemli bileşenlerde önemli kayıplar söz konusudur. Bu kayıplar üzerine depolama sıcaklığının etkisi de önemli olup, örneğin oda sıcaklığında depolanan çilek suyu örneklerindeki antosiyanin parçalanması, buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilenlere oranla 2 katın üzerinde bir hızda gerçekleşmiştir. Oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde 3. ayın sonunda hemen hemen tüm antosiyaninlerin parçalandığı ve buna bağlı olarak da polimerik renk oranı değerlerinin en yüksek seviyelere çıktığı görülmektedir. Duyusal değerlendirme sonuçları da depolama süresince renk, tat ve koku noktasında kabul edilebilirliğin azaldığını ortaya koymaktadır. Genel olarak ürünün kalite özelliklerinin daha fazla korunması açısından depolama sıcaklığının düşük tutulmasının yararlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte diğer pek çok meyve suyuna kıyasla çilek suyunda özellikle antosiyanin parçalanması ve buna bağlı renk değişimlerinin çok daha hızlı gerçekleştiği değerlendirilmektedir. Bu anlamda özellikle antosiyanin stabilizasyonunu arttıracak çalışmaların yapılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aaby, K., Ekeberg, D., Skrede, G., 2007. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4395-4406.
- Aaby, K., Grimbo, I.H., Hovda, M.B., Rode, T.M., 2018. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry puree and juice. *Food Chemistry*, 260, 115-123.
- Acar, J., Gökmen, V., 2005. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Cilt 1- Meyve ve Sebze Suları Üretimi. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 674 s.
- Adak, N., Tetik, N., Güneş, E., Balıkçı, R., Gürbük, H., Arslan Kulcan, A., 2016. Effects of the different growing systems on the physicochemical characteristics of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 29(2), 33-38.
- Adorno, W.T., Rezzadori, K., Arend, G.D., Chaves, V.C., Reginatto, F.H., Di Luccio, M., Petrus, J.C.C., 2017. Enhancement of phenolic compounds content and antioxidant activity of strawberry (*Fragaria × ananassa*) juice by block freeze concentration technology. *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 781-787.
- Aguilo-Aguayo, I., Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O., 2009. Changes in quality attributes throughout storage of strawberry juice processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *LWT - Food Science and Technology*, 42, 813-818.
- Andersen, M., Fossen, T., Torskangerpoll, K., Fossen, A., Hauge, U., 2004. Anthocyanin from strawberry (*Fragaria ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypyranopelargonidin. *Phytochemistry*, 65, 405-410.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S.E., Bektaşoğlu, B., Berker, K.I., Özyurt, D., 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12, 1496-1547.
- Arend, G.D, Adorno, W.T., Rezzadori, K., Di Luccio, M., Chaves, V.C., Reginatto, F.H., Petrus, J.C.C., 2017. Concentration of phenolic compounds from strawberry (*Fragaria X ananassa Duch*) juice by nanofiltration membrane. *Journal of Food Engineering*, 201, 36-41.
- Babu, B.R., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., 2006. Mass transfer in osmotic membrane distillation of phycocyanin colorant and sweet-lime juice. *Journal of Membrane Science*, 272, 58-69.

- Bagci, P.O., 2015. Potential of membrane distillation for production of high quality fruit juice concentrate. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(8), 1098-1113.
- Bahçeci, K.S., Akıllıoğlu, H.G., Gökmen, V., 2015. Osmotic and membrane distillation for the concentration of tomato juice: Effects on quality and safety characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 131-138.
- Bahçeci, K.S., Gökmen, V., Acar, J., 2005. Formation of guaiacol from vanillin by *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice: a model study. *European Food Research and Technology*, 220, 196-199.
- Balthazar, C.F., Santillo, A., Guimaraes, J.T., Capozzi, V., Russo, P., Caroprese, M., Marino, R., Esmerino, E.A., Raices, R.S.L., Silva, M.C., Silva, H.L.A., Freitas, M.Q., Granato, D., Cruz, A.G., Albenzio, M., 2019. Novel milk-juice beverage with fermented sheep milk and strawberry (*Fragaria x ananassa*): nutritional and functional characterization. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 10724-10736.
- Barba, F.J., Esteve, M.J., Frigola, A., 2013. Physicochemical and nutritional characteristics of blueberry juice after high pressure processing. *Food Research International*, 50(2), 545-549.
- Basu, A., Nguyen, A., Betts, N.M., Lyons, T.J., 2014. Strawberry as a functional food: an evidencebased review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 790-806.
- Başoğlu, F., Uylaşer, V., 2016. *Temel Gıda Analizleri*. Dora Yayıncılık, Bursa, 137 s.
- Begum, S., Das, P.C. and Karmoker, P. 2018. Processing of mixed fruit juice from mango, orange and pineapple. *Fundamental and Applied Agriculture* 3(2), 440-445.
- Bermejo-Prada, A., Otero, L., 2016. Effect of hyperbaric storage at room temperature on color degradation fo strawberry juice. *Journal of Food Engineering*, 169, 141-148.
- Bhat, R., Goh, K.M., 2017. Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. *Food Chemistry*, 215, 470-476.
- Bhat, R., Stamminger, R., 2015. Impact of ultraviolet radiation treatments on the physicochemical properties, antioxidants, enzyme activity and microbial load in freshly prepared hand pressed strawberry juice. *Food Science and Technology International*, 21, 354-363.

- Bhattacharjee, C., Saxena, V.K., Dutta, S., 2017. Fruit juice processing using membrane technology: a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 136-153.
- Bienczak, A., Markowska, J., Polak, E., Bienczak, K., Sydow, Z., Rak-Urbaniak, L., 2018. The impact of the production process on the quality of strawberry jam. *Przemysl Chemiczny*, 97(5), 668-671.
- Bridle, P., Garcia-Viguera, C., 1997. Analysis of anthocyanins in strawberries and elderberries. A comparison of capillary zone electrophoresis and HPLC. *Food Chemistry*, 59(2), 299-304.
- Bui, A.V., Nguyen, H.M., 2005. Scaling up of osmotic distillation from laboratory to pilot plant for concentration of fruit juices. *International Journal of Food Engineering*, 1(2), 1556-3758.
- Buve, C., Kebede, B.T., De Batselier, C., Carrillo, C., Pham, H.T.T., Hendrickx, M., Grauwet, T., Van Loey, A., 2018. Kinetics of colour changes in pasteurised strawberry juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 216, 42-51.
- Candrawinata, V.I, Blades, B.L., Golding, J.B., Stathopoulos, C.E., Roach, P.D., 2012. Effect of clarification on the polyphenolic compound content and antioxidant activity of commercial apple juices. 19(3), 1055-1061.
- Cao, X., Bi, X., Huang, W., Wu, J., Hu, X., Liao, X., 2012. Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 181-190.
- Cao, X., Wang, Y., Liao, X., Hu, X., 2018. Characterization of physico-chemical and bio-chemical compositions of selected four strawberry cultivars. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 91, 155-162.
- Cassani, L., Gerbino, E., Moreira, M.D.R., Gomez-Zavaglia, A., 2018a. Influence of non-thermal processing and storage conditions on the release of health-related compounds after in vitro gastrointestinal digestion of fiber-enriched strawberry juices. *Journal of Functional Foods*, 40, 128-136.
- Cassani, L., Quintana, G., Moreira, M.R., Gomez-Zavaglia, A., 2018c. Relationship between carbohydrate composition and fungal deterioration of functional strawberry juices preserved using non-thermal treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3271-3279.
- Cassani, L., Santos, M., Gerbino, E., Moreira, M.D.R., Gomez-Zavaglia, A., 2018b. A combined approach of infrared spectroscopy and multivariate analysis for the simultaneous determination of sugars and fructans in strawberry juices during storage. *Journal of Food Science*, 83(3), 631-638.

- Cassani, L., Tomadoni, B., Viacava, G., Ponce, A., Moreira, M.R., 2016. Enhancing quality attributes of fiber-enriched strawberry juice by application of vanillin or geraniol. *LWT – Food Science and Technology*, 72, 90-98.
- Cassano, A., Castro-Munoz, R., Conidi, C., Drioli, E., 2020. Recent Developments in Membrane Technologies for Concentration of Liquid Foods and Food Ingredients. *Innovative Food Processing Technologies*, Volume 3, Editors: K. Knoerzer, K. Muthukumarappan, Elsevier Inc., 100-121.
- Cassano, A., Conidi, C., Drioli, E., 2011. Clarification and concentration of pomegranate juice (*Punica granatum* L.) using membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 107, 366-373.
- Cassano, A., Drioli, E., Galaverna, G., Marchelli, R., Di Silvestro, G., Cagnasso, P., 2003. Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 57, 153-163.
- Cassano, A., Figoli, A., Tagarelli, A., Sindona, G., Drioli, E., 2006. Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwifruit juice. *Desalination*, 189, 21-30.
- Cassano, A., Marchio, M., Drioli, E., 2007. Clarification of blood orange juice by ultrafiltration: analyses of operating parameters, membrane fouling and juice quality. *Desalination*, 212, 15-27.
- Cisse M., Vaillant F., Bouquet S., Pallet D., Lutin F., Reynes M., Dornier M., 2011. Athermal concentration by osmotic evaporation of roselle extract, apple and grape juices and impact on quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(3), 352-360.
- Conidi, A., Castro-Munoz, R., Cassano, A., 2020b. Membrane-based operations in the fruit juice processing industry: a review. *Beverages*, 6, 18.
- Conidi, C., Cassano, A., Drioli, E., 2020a. Perspective of membrane technology in pomegranate juice processing: a review. *Foods*, 9, 889.
- Curcio, E., Drioli, E., 2005. Membrane distillation and related operations - a review. *Separation and Purification Reviews*, 34, 35–86.
- da Silva, F.L., Escribano-Bailon, M.T., Alonso, J.J.P., Rivas-Gonzalo, J.C., Santos-Buelga, C., 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT-Food Science and Technology*, 40(2), 374-382.
- De Rosso, V.V., Mercadante, A.Z., 2007. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. *Food Chemistry*, 103(3), 935-943.

- Derossi, A., de Pilli, T., Fiore, A.G., 2010. Vitamin C kinetic degradation of strawberry juice stored under non-isothermal conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 590–595.
- Dinçer, C., Tontul, İ., Topuz, A., 2016. A comparative study of black mulberry juice concentrates by thermal evaporation and osmotic distillation as influenced by storage. *Innovative Food Sciences and Emerging Technologies*, 38, 57-64.
- Echavarria, A.P., Falguera, V., Torras, C., Berdun, C., Pagan, J., 2011. Fruit juice processing and membrane technology application. *Food Engineering Reviews*, 3, 136-158.
- El-Bourawi, M.S., Ding, Z., Ma, R., Khayet, M., 2006. A framework for better understanding membrane distillation separation process. *Journal of Membrane Science*, 285, 4–29.
- Erkan, M., Wang, S.Y., Wang, C.Y., 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 163–171.
- Ertan, K., Turkyilmaz, M., Ozkan, M., 2020. Color and stability of anthocyanins in strawberry nectars containing various co-pigment sources and sweeteners. *Food Chemistry*, 310, 125856.
- FAO, 2020. Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (30.03.2020).
- Feng, X., Zhou, Z., Wang, X., Bi, X., Ma, Y., Xing, Y., 2020. Comparison of high hydrostatic pressure, ultrasound, and heat treatments on the quality of strawberry-apple-lemon juice blend. *Foods*, 9, 218.
- Fossen, T., Rayyan, S., Andersen, O.M., 2004. Dimeric anthocyanins from strawberry (*Fragaria ananassa*) consisting of pelargonidin 3-glucoside covalently linked to four flavan-3-ols. *Journal of Chromatography A*, 692, 213-219.
- Garzon, G.A., Wrolstad, R.E., 2002. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, 67(4), 1288-1299.
- Geçer, M.K., Yilmaz, H., 2011. Van ekolojik koşullarında çilek fidesi üretim olanaklarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1), 30-34.
- Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T.H., Gasparri, M., Alvarez-Suarez, J.M., Afrin, S., Bompadre, S., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M., 2015. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food and Function*, 6(5), 1386-1398.

- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, L., Mezzetti, B., Battino, 2012. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28, 9-19.
- Gössinger, M., Moritz, S., Hermes, M., Wendelin, S., Scherbichler, H., Helbwirth, H., Stich, K., Berghofer, E., 2009. Effects of processing parameters on color strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering*, 90, 171-177.
- Gryta, M., 2017. The application of polypropylene membranes for production of fresh water from brines by membrane distillation. *Chemical Papers*, 71, 775-784.
- Guine, R.P.F., Barroca, M.J., 2016. Influence of processing and storage on fruit juices phenolic compounds. *International Journal of Medical and Biological Frontiers*, 20(1), 45-58.
- Hartmann, A., Patz, C.D., Dietrich, H., Andlauer, W., Ludwig, M., 2008. Influence of processing on quality parameters of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9484-9489.
- Hwang, H., Kim, Y.J., Shin, Y., 2019. Influence of ripening stage and cultivar on physicochemical properties, sugar and organic acid profiles, and antioxidant compositions of strawberries. *Food Science and Biotechnology*, 28(6), 1659-1667.
- Ifie, I., Marshall, L.J., 2018. Food processing and its impact on phenolic constituents in food. *Cogent Food & Agriculture*, 4, 1507782.
- Ilame, S.A., Singh, S.V., 2015. Application of membrane separation in fruit and vegetable juice processing: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 964-987.
- Jakobek, L., Seruga, M., Medvidovic-Kosanovic, M., Novak, I., 2007. Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht*, 103(2), 58-64.
- Jiao, B., Cassano, A., Drioli, E., 2004. Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices: a review. *Journal of Food Engineering*, 63, 303-324.
- Jimenez-Sanchez, C., Lozano-Sanchez, J., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutierrez, 2017. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: Techniques and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 501-523.

- Kafkas, E., Koşar, M., Paydaş, S., Kafkas, S., Başer, K.H.C., 2007. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 100, 1229-1236.
- Karagöz, I., 2019. Karadut Suyu ve Konsantresi Üretiminde Membran Proses Uygulamalarının Ürün Kalitesine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.
- Kepenek, K., Koyuncu, M.A. and Koyuncu, F. 2002. Bazı çilek çeşitlerinin Isparta koşullarında adaptasyonu. *Bahçe*, 31(1-2), 17-22.
- Khayet, M., 2011. Membranes and theoretical modeling of membrane distillation: a review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 164, 56-88.
- Khoo, H.E., Azlan, A., Tang, S.T., Lim, S.M., 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61, 1361779.
- Krapfenbauer, G., Kinner, M., Gossinger, M., Schonlechner, R., Berghofer, E., 2006. Effect of thermal treatment on the quality of cloudy apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(15), 5453-5460.
- Lafcı, B., 2019. Ozmotik Destilasyon ve Membran Destilasyon İle Siyah Havuç Suyu Konsantrasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.
- Li, F., Yan, H., Li, W., Zhao, J., Ming, J., 2019. A comparative study of the effects of ultrafiltration membranes and storage on phytochemical and color properties of mulberry juice. *Journal of Food Science*, 84(12), 3565-3572.
- Li, J., Zhang, C., Liu, H., Liu, J., Jiao, Z., 2020. Profiles of sugar and organic acid of fruit juices: a comparative study and implication for authentication. *Journal of Food Quality*, 7236534.
- Liu, R.H., 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 517S-520S.
- Lopes-da-Silva, F., de Pascual-Teresa, S., Rivas-Gonzalo, J., Santos-Buelga, C., 2002. Identification of anthocyanin pigments in strawberry (cv Camarosa) by LC using DAD and ESI-MS detection. *European Food Research and Technology*, 214, 248-253.
- Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., Saari, N., 2012. Effect of maturity on phenolics (phenolic acids and flavonoids) profile of strawberry cultivars and mulberry species from Pakistan. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 4591-4607.

- Marszalek, K., Skapska, S., Wozniak, L., Sokolowska, B., 2015. Application of supercritical carbon dioxide for the preservation of strawberry juice: Microbial and physicochemical quality, enzymatic activity and the degradation kinetics of anthocyanins during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 32, 101-109.
- Martinsen, B.K., Aaby, K., Skrede, G., 2020. Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams. *Food Chemistry*, 316, 126297.
- Menevşeoğlu, A., 2012. Çilek Suyu Konsantresi Üretim Aşamalarında ve Depolama Sürecinde Polifenoller, Askorbik Asit ve Antioksidan Aktivitedeki Değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Miller, K., Feucht, W., Schmid, M., 2019. Bioactive compounds of strawberry and blueberry and their potential health effects based on human intervention studies: a brief overview. *Nutrients*, 11, 1510.
- Murtaza, M.A., Huma, N., Javaid, J., Shabbir, M., Din, G.M.U., Mahmood, S., 2004. Studies on stability of strawberry drink stored at different temperatures. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(1), 58-60.
- Muthukumar, S., Tranchant, C., Shi, J., Ye, X., Xue, S.J., 2017. Ellagic acid in strawberry (*Fragaria* spp.): Biological, technological, stability, and human health aspects. *Food Quality and Safety*, 1(4), 227-252.
- Nagaraj, N., Patil, G., Babu, B. R., Hebbar, U. H., Raghavarao, K.S.M.S , Nene, S., 2006. Mass transfer in osmotic membrane distillation. *Journal of Membrane Science*, 268, 48-56.
- Nidhi, G.R., Singh, R., Siddiqui, S., Rana, M.K., 2008. Changes in chemical composition of ready-to-serve bael-guava blended beverage during storage. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 45(4), 378-380.
- Nikkhah, E., Khaiamy, M., Heidary, R., Azar, A.S., 2010. The effect of ascorbic acid and H₂O₂ treatment on the stability of anthocyanin pigments in berries. *Turkish Journal of Biology*, 34, 47-53.
- Nowak, D., Goslinski, M., Wojtowicz, E., 2016. Comparative analysis of the antioxidant capacity of selected fruit juices and nectars: chokeberry juice as a rich source of polyphenols. *International Journal of Food Properties*, 19, 1317-1324.
- Nunes, M.C.N., Brecht, N.J.K., Morais, A.M., Sargent, S.A., 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 180-190.

- Odriozola-Serrano, I., Puigpinos, J., Oliu, G.O., Herrero, E., Martin-Belleso, O., 2016. Antioxidant activity of thermal and non-thermal treated strawberry and mango juices by *Saccharomyces cerevisiae* growth based assays. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 55-61.
- Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O., 2008. Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *European Food Research and Technology*, 228(2), 239-248.
- Onsekizoğlu, P., 2012. Membrane Distillation: Principle, Advances, Limitations And Future Prospects in Food Industry. *Distillation-Advances from Modelling to Applications*, Editor: S. Zereshki. Intech, Rijeka, Croatia, 233-266.
- Onsekizoğlu, P., 2013. Production of high quality clarified pomegranate juice concentrate by membrane processes. *Journal of Membrane Science*, 442, 264-271.
- Onsekizoğlu, P., Bahçeci, K.S., Acar, J., 2010. Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: a comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*, 352, 160-165.
- Oszmianski, J., Wojdylo, A., 2009. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *European Food Research and Technology*, 228, 623-631.
- Özkan, M., Kırca, A., Cemeröğlu, B., 2010. Gıdalara Uygulanan Bazı Özel Analiz Yöntemleri. *Gıda Analizleri*, Editor: B. Cemeröğlu. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, Ankara, 657 s.
- Özkan, M., Yemenicioğlu, A., Cemeröğlu, B., 2005. Degradation of various fruit juice anthocyanins by hydrogen peroxide. *Food Research International*, 38, 1015-1021.
- Panico, A.M., Garufi, F., Nitto, S., Di Mauro, R., Longhitano, R.C., Magri, G., Catalfo, A., Serrentino, M.E., De Guidi, G., 2009. Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from *Fragaria x ananassa*. *Pharmaceutical Biology*, 47(3), 203-208.
- Pap, N., Mahosenaho, M., Pongracz, E., Mikkonen, H., Jaakkola, M., Virtanen, V., Myllykoski, L., Horvath-Hovorka, Z., Hodur, C., Vatai, G., Keiski, R.L., 2012. Effect of ultrafiltration on anthocyanin and flavonol content of black currant juice (*Ribes nigrum* L.), *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 921-928.

- Proteggente, A.R., Pannala, A.S., Paganga, G., Buren, L.V., Wagner, E., Wiseman, S., Put, F.V.D., Dacombe, C., Rice-Evans, C.A., 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radicals Research*, 36, 217-233.
- Rodriguez, R.B., Menezes H.C., Cabral L.M.C., Dornier M., Rios G.M, Reynes M., 2004. Evaluation of reverse osmosis and osmotic evaporation to concentrate camu-camu juice (*Myrciaria dubia*). *Journal of Food Engineering*, 63, 97-102.
- Sadilova, E., Stintzing, F.C., Kammerer, D.R., Carle, R., 2009. Matrix dependent impact of sugar and ascorbic acid addition on color and anthocyanin stability of black carrot, elderberry and strawberry single strength and from concentrate juices upon thermal treatment. *Food Research International*, 42, 1023-1033.
- Salamon, B., Farkas, V, Kenesei, G., Dalmadi, I., 2017. Effect of added sugar and ascorbic acid on the anthocyanin content of high pressure processed strawberry juices during storage. *Journal of Physics: Conference Series*, 950(4), 042005.
- Sapei, L., Hwa, L., 2014. Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh strawberry juices. *Procedia Chemistry*, 9, 62-68.
- Seçer, A., Öztornacı, B., Emeksiz, F., 2019. Türkiye’de çilek üretim ve dış ticaretinde gelişmeler. *Alatırım*, 18(1), 49-56.
- Seeram, N.P., Adams, L.S., Zhang, Y., Lee, R., Sand, D., Scheuller, H.S., Heber, D., 2006. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 9329-9339.
- Shamsudin, R., Zulkifli, N.A., Kamarul Zaman, A.A., 2020. Quality attributes of fresh pineapple-mango juice blend during storage. *International Food Research Journal*, 27(1), 141-149.
- Shin, C.H., Johnson, R., 2007. Identification of an appropriate osmotic agent for use in osmotic distillation. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 13(6), 926–931.
- Shin, Y., Liu, R.H., Nock, J.F., Holliday, D., Watkins., C.B., 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 45, 349-357.
- Skupien, K., Oszmianski, J., 2004. Comparison of six cultivars strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland. *European Food Research and Technology*, 219, 66-70.

- Stoj, A., Malik, A., Targonski, Z., 2006. Comparative analysis of anthocyanin composition of juices obtained from selected species of berry fruits. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 15(4), 401-407.
- Sturm, K., Koron, D., Stampar, F., 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83, 417-422.
- Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X., Liu, R.H., 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7449-7454.
- Szajdek, A., Borowska, E.J., 2008. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63(4), 147-156.
- Tarola, A.M., de Velde, F.V., Salvagni, L., Preti, R., 2013. Determination of phenolic compounds in strawberries (*Fragaria ananassa* Duch) by high performance liquid chromatography with diode array detection. *Food Analytical Methods*, 6, 227-237.
- Teleszko, M., Nowicka, P., Wojdylo, A., 2016. Effect of cultivar and storage temperature on identification and stability of polyphenols in strawberry cloudy juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 54, 10-19.
- Tiwari, B.K., O'Donnell, C.P., Patras, A., Brunton, N., Cullen, P.J., 2009. Stability of anthocyanins and ascorbic acid in sonicated strawberry juice during storage. *European Food Research and Technology*, 228(5), 717-724.
- Toker, R., Karhan, M., Tetik, N., Turhan, I., Oztyci, H.R., 2014. Effect of ultrafiltration and concentration processes on the physical and chemical composition of blood orange juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 1321-1329.
- Tomadoni, B., Cassani, L., Ponce A., Moreira, M.R., Agüero, M.V., 2016a. Optimization of ultrasound, vanillin and pomegranate extract treatment for shelf-stable unpasteurized strawberry juice. *LWT – Food Science and Technology*, 72, 475-484.
- Tomadoni, B., Viacava, G., Cassani L., Moreira, M.R., Ponce, A., 2016b. Novel biopreservatives to enhance the safety and quality of strawberry juice. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 281-292.
- Tomadoni, B., Lucia, C., Viacava, G., Moreira, M.D.R., Ponce, A., 2017. Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice. *Journal of Food Process Engineering*,

- Tonutare, T., Moor, U., Szajdak, L., 2014. Strawberry anthocyanin determination by ph differential spectroscopic method – How to get true results? *ACTA Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 13(3), 35-47.
- Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., de Vos, C.H.R., Capanoglu, E., Bovy, A., Battino, M., 2008. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 696-704.
- Turfan, Ö., 2008. Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antosiyaninlerdeki Değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turk, M., Perino, S., Cendres, A., Petitcolas, E., Soubrat, T., Chemat, F., 2017. Alternative process for strawberry juice processing: Microwave hydrodiffusion and gravity. *LWT – Food Science and Technology*, 84, 626-633.
- TÜİK, 2020. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (12.06.2020).
- UIB, 2018. Çilek Raporu. Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Ar-Ge Şubesi, <https://uib.org.tr/tr/kbfile/cilek-raporu>.
- Vaillant, F. Jeanton, E. Dornier, M. O'Brien, G.M. Reynes, M. Decloux, M., 2001. Concentration of passion fruit juice on industrial pilot scale using osmotic evaporation. *Journal of Food Engineering*, 47, 195-202.
- Wang, J., Wang, J., Ye, J., Vanga, S.K., Raghavan, V., 2019a. Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. *Food Control*, 96, 128-136.
- Wang, H., Wang, C.N., Guo, M.R., 2019b. Effects of addition of strawberry juice pre- or postfermentation on physiochemical and sensory properties of fermented goat milk. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4978-4988.
- Wang, S.Y., Lewers, K.S., 2007. Antioxidant capacity and flavonoid content in wild strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(5), 629-637.
- Wang, S.Y., Lin, H.S., 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 140-6.

- Wibowo, S., Grauwet, T., Santiago, J.S., Tomic, J., Vervoort, L., Hendrickx, M., Loey, A.V., 2015. Quality changes of pasteurised orange juice during storage: A kinetic study of specific parameters and their relation to colour instability. *Food Chemistry*, 187, 140-151.
- Win, A., Nyo, A.M.T., Moe, W.W., Hnin, H., Cho, K.M., 2019. Study on total flavonoid content of fruit of *Fragaria* × *Ananassa* Duch. *International Journal of Research and Review*, 6(8), 252-255.
- Wlodarska, K., Szulc, J., Khmelinskii, I., Sikorska, E., 2019. Non-destructive determination of strawberry fruit and juice quality parameters using ultraviolet, visible, and near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 5953-5961.
- Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., Prior, R.L., 2006. Concentrations of anthocyanins in common foods in the united states and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4069-4075.
- Yılmaz, E., Bagci, P.O., 2018. Production of phytotherapeutics from broccoli juice by integrated membrane processes. *Food Chemistry*, 242, 264-271.
- Yildiz, G., Aadil, R.M., 2020. Comparison of high temperature-short time and sonication on selected parameters of strawberry juice during room temperature storage. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4), 1462-1468.
- Yildiz, S., Pokhrel, P.R., Unluturk, S., Barbosa-Canovas, G.V., 2019. Identification of equivalent processing conditions for pasteurization of strawberry juice by high pressure, ultrasound, and pulsed electric fields processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 57, 102195.
- Zheng, Y., Wang, S.Y., Wanga, C.Y., Zheng, W., 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT – Food Science and Technology*, 40, 49–57.

EKLER

EK-1. Farklı berraklaştırma yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistiksel parametreler

	Berraklaştırma yöntemi			İstatistiksel parametreler	
	GB	UF (50 kDa)	UF (10 kDa)	F	<i>p</i>
pH	3,28±0,01 ^a	3,30±0,01 ^a	3,28±0,01 ^a	1,557	0,234
Toplam asitlik (%)	1,04±0,01 ^a	1,03±0,01 ^a	1,04±0,00 ^a	1,032	0,374
Toplam fenolik madde (mg GAE/L)	1140±27 ^b	1130±46 ^b	947±37 ^a	8,467	0,002
Toplam flavonoid (mg CE/L)	225±4 ^b	224±5 ^b	153±8 ^a	51,426	0,000
Toplam monomerik antosiyanin (mg/L)	236±25 ^a	247±20 ^a	189±9 ^a	2,524	0,104
Renk yoğunluğu	8,48±0,13 ^b	8,75±0,25 ^b	6,09±0,29 ^a	13,462	0,000
Polimerik renk	1,79±0,35 ^a	1,67±0,26 ^a	1,10±0,11 ^a	1,986	0,162
Polimerik renk oranı (%)	21,10±4,09 ^a	19,83±3,85 ^a	18,37±2,08 ^a	0,156	0,856
Askorbik asit (mg/L)	100±8 ^a	93±8 ^a	92±7 ^a	0,344	0,713
Antioksidan kapasite (ABTS yöntemi) (mM TEAC/L)	13,20±0,23 ^b	12,54±0,23 ^b	8,78±0,22 ^a	106,396	0,000
Antioksidan kapasite (ABTS yöntemi) (mM TEAC/L)	8,75±0,10 ^b	8,42±0,16 ^b	5,87±0,14 ^a	130,811	0,000

GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Veriler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiş olup, aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

EK-1. (Devam) Farklı berraklaştırma yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistiksel parametreler

	Berraklaştırma yöntemi			İstatistiksel parametreler	
	GB	UF (50 kDa)	UF (10 kDa)	F	<i>p</i>
Sukroz (%)	0,53±0,03 ^a	0,50±0,02 ^a	0,55±0,02 ^a	1,116	0,346
Glukoz (%)	2,25±0,04 ^a	2,37±0,04 ^a	2,28±0,06 ^a	1,585	0,229
Fruktoz (%)	2,57±0,03 ^a	2,54±0,04 ^a	2,55±0,03 ^a	0,212	0,810
Toplam şeker (%)	5,36±0,03 ^a	5,41±0,06 ^a	5,38±0,06 ^a	0,213	0,810
L*	27,45±0,41 ^a	27,59±0,48 ^a	28,45±0,36 ^a	1,672	0,212
a*	9,60±0,45 ^a	10,21±0,53 ^a	11,14±0,63 ^a	2,072	0,151
b*	4,34±0,24 ^a	4,68±0,27 ^a	4,42±0,13 ^a	0,672	0,522
<i>Chroma</i> (C*)	10,53±0,51 ^a	11,24±0,59 ^a	11,99±0,62 ^a	1,602	0,225
Hue açısı (h*)	24,27±0,32 ^b	24,60±0,37 ^b	21,86±0,69 ^b	9,462	0,001
Toplam renk farkı (ΔE^*)	1,60±0,34 ^a	2,10±0,30 ^a	1,95±0,45 ^a	0,482	0,624

GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Veriler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiş olup, aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

EK-2. Farklı konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistiksel parametreler

	Konsantrasyon yöntemi				İstatistiksel parametreler	
	MD	OD	MD+OD	TE	F	<i>p</i>
pH	3,29±0,01 ^a	3,28±0,01 ^a	3,28±0,01 ^a	3,30±0,01 ^a	0,360	0,782
Toplam asitlik (%)	1,03±0,01 ^a	1,04±0,01 ^a	1,04±0,00 ^a	1,02±0,01 ^a	1,963	0,152
Toplam fenolik madde (mg GAE/L)	1099±42 ^b	1108±43 ^b	1164±39 ^b	917±46 ^a	6,358	0,003
Toplam flavonoid (mg CE/L)	205±15 ^a	202±14 ^a	204±11 ^a	191±23 ^a	0,148	0,930
Toplam monomerik antosiyanin (mg/L)	250±18 ^b	245±15 ^b	257±16 ^b	143±7 ^a	13,462	0,000
Renk yoğunluğu	7,87±0,49 ^a	7,59±0,81 ^a	8,28±0,41 ^a	7,35±0,54 ^a	0,470	0,707
Polimerik renk	1,24±0,07 ^a	1,03±0,07 ^a	1,20±0,08 ^a	2,62±0,34 ^b	16,497	0,000
Polimerik renk oranı (%)	15,79±0,40 ^a	14,00±0,75 ^a	14,40±0,39 ^a	34,87±2,41 ^b	60,929	0,000
Askorbik asit (mg/L)	78±2 ^a	80±3 ^a	95±3 ^b	127±4 ^c	54,159	0,000
Antioksidan kapasite (ABTS yöntemi) (mM TEAC/L)	11,43±0,77 ^a	12,16±0,97 ^a	11,67±0,90 ^a	10,76±0,89 ^a	0,435	0,730
Antioksidan kapasite (ABTS yöntemi) (mM TEAC/L)	7,60±0,62 ^a	8,05±0,57 ^a	7,87±0,54 ^a	7,19±0,59 ^a	0,410	0,747

MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümlüşik sistem; TE: Termal evaporasyon

Veriler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiş olup, aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

EK-2. (Devam) Farklı konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen çilek suyu örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistiksel parametreler

	Konsantrasyon yöntemi				İstatistiksel parametreler	
	MD	OD	MD+OD	TE	F	<i>p</i>
Sukroz (%)	0,56±0,03 ^a	0,53±0,03 ^a	0,50±0,04 ^a	0,52±0,02 ^a	0,874	0,471
Glukoz (%)	2,25±0,08 ^a	2,32±0,06 ^a	2,31±0,06 ^a	2,33±0,04 ^a	0,286	0,835
Fruktoz (%)	2,61±0,03 ^a	2,56±0,03 ^a	2,56±0,04 ^a	2,50±0,02 ^a	2,009	0,145
Toplam şeker (%)	5,42±0,07 ^a	5,41±0,07 ^a	5,36±0,06 ^a	5,34±0,04 ^a	0,406	0,750
L*	27,82±0,46 ^a	28,73±0,49 ^a	27,75±0,44 ^a	27,01±0,44 ^a	2,331	0,105
a*	10,61±0,23 ^b	11,72±0,56 ^c	10,89±0,19 ^{bc}	8,05±0,22 ^a	22,315	0,000
b*	4,56±0,08 ^b	4,93±0,09 ^b	4,82±0,17 ^b	3,61±0,17 ^a	19,311	0,000
<i>Chroma</i> (C*)	11,56±0,20 ^b	12,72±0,53 ^c	11,92±0,17 ^{bc}	8,82±0,27 ^a	27,154	0,000
Hue açısı (h*)	23,32±0,75 ^a	22,98±0,87 ^a	23,87±0,91 ^a	24,13±0,45 ^a	0,464	0,710
Toplam renk farkı (ΔE*)	1,43±0,19 ^a	1,28±0,20 ^a	1,49±0,27 ^a	3,33±0,27 ^b	16,627	0,000

MD: Membran destilasyon; OD: Ozmotik destilasyon; MD+OD: Tümlüşik sistem; TE: Termal evaporasyon

Veriler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiş olup, aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Soyadı, Adı : KOCATÜFEK, Merve Nur

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2016
Lise	Osmancık Anadolu Lisesi	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2020 -	İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, İskilip	Gıda Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce Derece İyi

