



**T.C.**  
**HİTİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OZMOTİK DESTİLASYON VE MEMBRAN**  
**DESTİLASYON İLE SİYAH HAVUÇ SUYU**  
**KONSANTRASYONU**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Büşra LAFCI**

**Çorum 2019**



**OZMOTİK DESTİLASYON VE MEMBRAN DESTİLASYON İLE  
SİYAH HAVUÇ SUYU KONSANTRASYONU**

**Büşra LAFCI**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

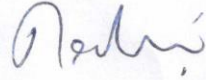
**Yüksek Lisans Tezi**

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

**Çorum 2019**

Büşra LAFCI tarafından hazırlanan "Ozmotik Destilasyon ve Membran Destilasyon İle Siyah Havuç Suyu Konsantrasyonu" adlı tez çalışması 28.08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. K. Savaş BAHÇECİ



Doç. Dr. Hasan TANGÜLER

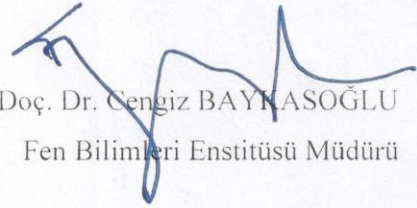


Dr. Öğr. Üyesi Nihal GÜZEL



Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/09/2019... tarih ve 2019/236.. sayılı kararı ile Büşra LAFCI'nın Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Doç. Dr. Cengiz BAYKASOĞLU  
Fen Bilimleri 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.



Büşra LAFCI

# OZMOTİK DESTİLASYON VE MEMBRAN DESTİLASYON İLE SİYAH HAVUÇ SUYU KONSANTRASYONU

Büşra LAFCI

HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2019

## ÖZET

Bu çalışmada, termal evaporasyon yöntemi yanında membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve her iki yöntemin kombine edildiği tümleşik membran sistemi ile siyah havuç suyu konsantrasyonu üzerine araştırmalar yapılmıştır. Konsantrasyon öncesinde siyah havuç suyunun berraklaştırılması amacıyla geleneksel durultma ve ultrafiltrasyon uygulaması gerçekleştirilmiş, bu noktada kullanılan ultrafiltrasyon membranının gözenek çapının bazı ürün karakteristikleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Membran destilasyon ve ozmotik destilasyon sistemleri, uygulanan çalışma koşullarında akı ve konsantrasyon derecesi bakımından benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Termal evaporasyonla konsantrasyon sırasında uygulanan ısı işlemin özellikle antosiyaninlerin parçalanmasına yol açtığı belirlenmiştir. Bu bağlamda ayrıca siyah havuç suyu antosiyaninlerinin ısıl stabilitesi kinetik açıdan da değerlendirilmiştir. Membran sistemleri ile konsantrasyon işleminin, antosiyaninlerinin çok daha yüksek düzeyde korunumunu sağlaması yanında polimerik renk ve hidrosimetil furfural oluşumunu sınırlaması bakımından da avantajlara sahip olduğu görülmektedir. Membran konsantrasyon yöntemlerinin ürün karakteristiklerine etkileri bakımından kendi aralarında karşılaştırılmasında ise genel olarak aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Siyah havuç, siyah havuç suyu, konsantrasyon, ultrafiltrasyon, membran destilasyon, ozmotik destilasyon

# BLACK CARROT JUICE CONCENTRATION BY OSMOTIC DISTILLATION AND MEMBRANE DISTILLATION

Büşra LAFCI

HITIT UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2019

## ABSTRACT

In this study, besides the thermal evaporation method, membrane distillation, osmotic distillation and integrated membrane process combining both methods were investigated for the concentration of black carrot juice. Conventional clarification and ultrafiltration was carried out in order to clarify the black carrot juice prior to concentration, and it was determined that the pore size of the ultrafiltration membrane used has an effective on some product characteristics. Membrane distillation and osmotic distillation systems showed similar results in terms of flux and concentration degree under the operating conditions applied. It was determined that the heat treatment applied during the concentration by thermal evaporation caused the degradation of anthocyanins in particular. In this context, the thermal stability of the black carrot juice anthocyanins was also evaluated from a kinetic point of view. It was seen that the concentration with membrane systems had advantages in terms of providing a higher degree of preserving the anthocyanins as well as limiting the formation of polymeric color and hydroxymethyl furfural. In terms of the effects of membrane concentration methods on product characteristics, there was no significant difference between them in general.

**Keywords:** Black carrot, black carrot juice, concentration, ultrafiltration, membrane distillation, osmotic distillation

## TEŞEKKÜR

Araştırmam süresince hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak değerli görüş ve bilgisiyle beni yönlendiren ve her zaman yanımda olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. K. Savaş BAHÇECİ'ye,

Tecrübeleriyle, manevi desteğiyle her zaman yanımda duran, araştırma süresince beni hiç yalnız bırakmayan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nihal GÜZEL'e,

Her türlü desteklerini esirgemeyen ve yanımda duran bölüm hocalarımız Sayın Prof. Dr. Bülent KABAK, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nedim ALBAYRAK ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY'a,

Tez çalışmam süresince ilgi ve yardımlarını esirgemeyen tüm bölüm hocalarıma, bölüm araştırma görevlilerimize ve teknik ve idari personele,

Çalışma süresince beni yalnız bırakmayıp ihtiyaç duyduğum her an yanımda olan başta sevgili Işıl KARAGÖZ olmak üzere çalışma arkadaşlarıma,

Çalışmalarım boyunca beni hiç yalnız bırakmayan gerekli maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli abim Latif LAFCI'ya ve eşi Aysel LAFCI'ya,

Tüm yaşamım boyunca bana güvenen, her koşulda desteklerini ve sonsuz sevgilerini esirgemeyen canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



**Bu tez çalışmasına, FBE19004.17.001 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı, Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.**

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.2. Berrak Siyah Havuç Suyu Üretimi ve Konsantrasyonu .....	18
3.3. Permeat Akısı .....	23
3.4. Fizikokimyasal Analizler .....	23
3.4.1. pH analizi .....	23
3.4.2. Toplam asitlik tayini.....	23
3.4.3. Toplam fenolik madde analizi.....	23
3.4.4. Antosiyanin analizi.....	24
3.4.5. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini .....	25
3.4.6. Antioksidan aktivite analizi.....	27
3.4.7. HMF analizi.....	27
3.5. Antosiyaninlerin Isıl Stabilitesi ve Kinetik Katsayıların Belirlenmesi .....	28

**Sayfa**

3.6. İstatistiksel Analizler .....	30
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....	31
4.1. Membran Sistemleri ile Konsantrasyon Sürecinde Akı ve Konsantrasyon Derecesindeki Değişimin İncelenmesi .....	31
4.2. Farklı Berraklaştırma ve Konsantrasyon Yöntemlerinin Siyah Havuç Suyu Analitik Özellikleri Üzerine Etkileri .....	40
4.3. Siyah Havuç Suyu Antosiyaninlerinin Isıl Stabilitesi .....	84
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	89
KAYNAKLAR .....	92
ÖZ GEÇMİŞ .....	100

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Dünyada havuç üretim değerleri.....	4
Çizelge 2.2. Siyah havucun besin değerleri (100 g'da) .....	8
Çizelge 3.1. Konsantrasyon amacıyla kullanılan kapiler membran modülünün özellikleri.....	22
Çizelge 4.1. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerin pH, titrasyon asitliği ve toplam fenolik madde içerikleri.....	41
Çizelge 4.2. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun pH değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	43
Çizelge 4.3. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun pH değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	43
Çizelge 4.4. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam asitlik değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	45
Çizelge 4.5. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam asitlik değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	45
Çizelge 4.6. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam fenolik madde değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	48
Çizelge 4.7. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam fenolik madde değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	49
Çizelge 4.8. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin antosiyanin miktarları ile renk yoğunluğu, polimerik renk ve polimerik renk oranı değerleri .....	50
Çizelge 4.9. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	52

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.10. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam monomerik antosiyanin içerikleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	54
Çizelge 4.11. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun renk yoğunluğu değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	56
Çizelge 4.12. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	57
Çizelge 4.13. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk oranları üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	58
Çizelge 4.14. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun renk yoğunluğu değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	60
Çizelge 4.15. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	62
Çizelge 4.16. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk oranları üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	64
Çizelge 4.17. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin antioksidan kapasite ve HMF içerikleri .....	65
Çizelge 4.18. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun antioksidan kapasite içerikleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	66
Çizelge 4.19. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun antioksidan kapasite içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	68
Çizelge 4.20. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin renk değerleri.....	71
Çizelge 4.21. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun L* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	75

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.22. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun a* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	76
Çizelge 4.23. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun b* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	77
Çizelge 4.24. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun a*/b* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	78
Çizelge 4.25. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun L* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	82
Çizelge 4.26. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun a* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	82
Çizelge 4.27. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun b* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	83
Çizelge 4.28. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun a*/b* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu .....	83
Çizelge 4.29. Farklı sıcaklıklarda ısıtılmış siyah havuç suyu örneklerinde antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler .....	85
Çizelge 4.30. Farklı sıcaklıklarda ısıtılmış siyah havuç suyu örneklerinde polimerik renk oranı değişimine ilişkin kinetik parametreler .....	87

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Dünyada ve ülkemizde yetiştirilen havuç çeşitleri .....	5
Şekil 2.2. Ülkemizde yıllara göre havuç üretim miktarları .....	5
Şekil 2.3. Siyah havuç .....	6
Şekil 2.4. Siyah havuçta tespit edilen antosiyaninlerin kimyasal yapıları .....	12
Şekil 3.1. Geleneksel termal evaporasyon ve membran sistemlerinden yararlanılarak berrak siyah havuç suyu konsantresi üretim akım şeması..	19
Şekil 3.2. Siyah havuç berraklaştırması amacıyla kullanılan ultrafiltrasyon düzeneği.....	20
Şekil 3.3. Membran destilasyon sistemi.....	21
Şekil 3.4. Ozmotik destilasyon sistemi .....	21
Şekil 3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi .....	24
Şekil 4.1. 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi .....	32
Şekil 4.2. 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi .....	32
Şekil 4.3. 100 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi .....	33
Şekil 4.4. Geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi .....	33
Şekil 4.5. Ozmotik destilasyon ile konsantrasyon sürecinde kullanılan tuz konsantrasyonunun zamanla değişimi .....	34

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.6. 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi.....	36
Şekil 4.7. 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi.....	37
Şekil 4.8. 1000 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi.....	37
Şekil 4.9. Geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi.....	38
Şekil 4.10. Farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları (30 kDa, 50 kDa ve 100 kDa) ve geleneksel jelatin-benatonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon ile konsantrasyonu sırasında konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi.....	38
Şekil 4.11. Farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları (30 kDa, 50 kDa ve 100 kDa) ve geleneksel jelatin-benatonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin ozmotik destilasyon ile konsantrasyonu sırasında konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi.....	39
Şekil 4.12. Farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları (30 kDa, 50 kDa ve 100 kDa) ve geleneksel jelatin-benatonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin tümleşik membran sistemi ile konsantrasyonu sırasında konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi.....	39
Şekil 4.13. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin ortalama pH değerleri.....	42
Şekil 4.14. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin ortalama pH değerleri.....	42
Şekil 4.15. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri.....	44



<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.16. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri.....	44
Şekil 4.17. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri .....	47
Şekil 4.18. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri .....	49
Şekil 4.19. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri .....	51
Şekil 4.20. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri .....	53
Şekil 4.21. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri.....	55
Şekil 4.22. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk değerleri .....	57
Şekil 4.23. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk oranları.....	58
Şekil 4.24. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri .....	59
Şekil 4.25. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk değerleri .....	61
Şekil 4.26. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk oranları.....	63
Şekil 4.27. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri.....	66
Şekil 4.28. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri.....	67
Şekil 4.29. Siyah havuç suyu örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite içerikleri arasındaki ilişki.....	69
Şekil 4.30. Siyah havuç suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin ve antioksidan kapasite içerikleri arasındaki ilişki .....	69

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.31. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin L* değerleri .....	73
Şekil 4.32. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin a* değerleri.....	73
Şekil 4.33. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin b* değerleri.....	74
Şekil 4.34. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin a*/b* değerleri.....	74
Şekil 4.35. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin L* değerleri .....	80
Şekil 4.36. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin a*değerleri.....	80
Şekil 4.37. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin b* değerleri .....	81
Şekil 4.38. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin a*/b*değerleri .....	81
Şekil 4.39. Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde toplam monomerik antosiyanin düzeyindeki değişim .....	84
Şekil 4.40. Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde antosiyanin konsantrasyonundaki değişime ilişkin Arrhenius grafiği .....	86
Şekil 4.41. Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde polimerik renk oranındaki değişim .....	86
Şekil 4.42. Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde polimerik renk oranındaki değişime ilişkin Arrhenius grafiği .....	87
Şekil 4.42. Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde toplam monomerik antosiyanin içeriği ve polimerik renk oranları arasındaki ilişki.....	88

**KISALTMALAR**

ABTS	2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HMF	Hidroksimetil furfural
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
PES	Polietersülfon
PP	Polipropilen
PTFE	Politetrafluoetilen
PVDF	Polivinildiflorid
TEAC	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite

## 1. GİRİŞ

Sebze suları sindirimi düzenleyici, iştah açıcı özelliklerinin yanında vitamin ve mineral maddeler açısından da zengin kaynaklar olarak bilinmektedir. Domates yanında havuç, kereviz, ıspanak gibi ürünler sebze suyuna işlenmekte olup son zamanlarda ise bu noktada siyah havuç suyu üretiminin çok ciddi bir atılım içerisinde olduğu görülmektedir. Türkiye, Ortadoğu ve Uzakdoğu kökenli bir ürün olan siyah havuç ülkemizde özellikle Konya Ereğli bölgesinde yetiştirilmekte, 2005 yılında 18 bin ton olan üretim 2013 yılında 80 bin ton ve 2018 yılı itibariyle ise 120 bin ton düzeyinde bulunmaktadır. Üretimin bir kısmı şalgam suyu üretiminde kullanılmakta ise de çok büyük bir kısım siyah havuç suyu konsantresine işlenmekte ve tamamına yakını başta Avrupa Birliği ve ABD olmak üzere yurt dışına ihraç edilmektedir.

Meyve ve sebze sularına uygulanan konsantrasyon işlemi, ürün stabilitesinin dolayısıyla da raf ömrünün artmasını sağlamakta, bunun yanında taşıma ve depolama giderlerinin de düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Bu işlem geleneksel olarak termal evaporasyon uygulamasıyla gerçekleştirilmekte ve üründe az ya da çok çeşitli kalite bozulmalarını da (aroma, flavor, besinsel bileşenler ve renk kaybı vb.) beraberinde getirmektedir. Meyve ve sebze sularının konsantrasyonunda söz konusu olumsuzlukların minimize edilmeye çalışıldığı ve taze ürün karakteristiklerine en yakın özelliklere sahip ürünlerin üretimine yönelik araştırmalar da yoğun bir şekilde devam etmekte olup bu araştırmalar içerisinde membran sistemlerinin kullanıldığı prosesler önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında siyah havuç suyu konsantresi üretiminde membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve her iki yöntemin bir arada kullanıldığı tümleşik membran sistemlerinden yararlanılması ve elde edilen ürün karakteristiklerinin geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile karşılaştırılması konusunda araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra söz konusu membran prosesleri akı ve konsantrasyon derecesi bakımından karşılaştırılmış, ayrıca siyah havuç suyu antosiyaninlerinin ısıl stabiliteleri incelenmiştir.

Konsantrasyon prosesi dışında, ürün karakteristikleri üzerine durultma ve berraklaştırma aşamasının da oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Bu noktada da berraklaştırma amacıyla geleneksel olarak kullanılan jelatin-bentonit uygulaması ile farklı gözenek büyüklüğüne sahip membranların kullanıldığı ultrafiltrasyonunun karşılaştırılması amaçlanmıştır.



## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Havuç (*Daucus carota* L.), Apiaceae familyasına ait iki yıllık bir bitkidir (Que ve ark., 2019). İlk yıl yenilebilen etli kökleri yetişmekte olup, hasadı yapılmayıp ikinci yıla bırakılması durumunda ise çiçek ve tohumları yetişmektedir. Yaprakları çok parçalı, çiçekleri ise şemsiye biçiminde bir arada, küçük, beyaz ve sıktır (İyiçınar, 2007; Tatoğlu, 2014 ).

İlk olarak onuncu yüzyılda İran ve Arabistan'ın kuzeyinde belirlenen havuçların mor ve sarı olduğu (Simon, 2000) ve buradan on beşinci yüzyılın ortalarına doğru Orta Doğu, Kuzey Afrika, Avrupa ve Çin boyunca doğuya ve batıya doğru yayıldığı ifade edilmektedir (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). Hollanda'da on sekizinci yüzyılda turuncu havucun yetiştirilmeye başlanmasına kadar, sarı havuçların tercih edildiği bilinmektedir. Kültüre alınmış havuçlar botanik açıdan; Türkiye, Afganistan, Mısır, Pakistan ve Hindistan'da geleneksel olarak yetiştirilen antosiyanin ya da doğuya ait grup (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) ve dünya genelinde daha yaygın olarak yetiştirilen karoten ya da batıya ait grup (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *sativus*) olmak üzere iki alt grupta incelenmektedir (Kammerer ve ark., 2004; Ağçam ve Akyıldız, 2015; Kamiloglu ve ark., 2018; Smeriglio ve ark., 2018; Que ve ark., 2019). Söz konusu sınıflandırma havuç kökü rengi köküne göre yapılmış olup, antosiyanin gruba ait havuçlar daha çok mor antosiyanin pigmentlerini, karoten grupta olanlar ise turuncu renk pigmentleri ihtiva etmektedirler (Türkmen ve ark., 2018; Que ve ark., 2019). Batıya ait havuç grubu daha çok silindirik şekilli köke sahip, yaprakları daha az tüylü ve şeker içeriği daha fazla iken, doğuya ait havuç grubu ise daha çok konik yapılı köke ve tüylü yapraklara sahiptir (Baranski ve ark., 2012; Que ve ark., 2019).

Havuç üretimi dünya üzerinde oldukça geniş bir alana yayılmış olup üretimin çok büyük bir bölümünün kuzey yarım kürede yoğunlaştığı, bununla birlikte dünyanın değişik coğrafyalarında da gerek üretim ve gerekse tüketimin çok yaygın olduğu görülmektedir. Çizelge 2.1'de dünya genelinde 2005 yılı itibariyle en fazla havuç üretimine sahip ülkeler sıralanmaktadır. Görüldüğü üzere Çin, Rusya ve Amerika

Birleşik Devletleri'nin dünyada en çok havuç yertıştırilen ülkelerin başında geldiği ve dünya havuç üretiminin hemen hemen yarısının bu ülkeler tarafından karşılandığı görülmektedir (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). Daha güncel verilere bakıldığında da benzer bir tablo ortaya çıkmakta ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre 2017 yılında dünyada üretilen toplam yaklaşık 43 milyon ton havucun 20 milyon tonu Çinde, 1,8 milyon tonu Rusya'da ve 1,5 milyon tonu da Amerika Birleşik Devletlerinde üretilmektedir (FAO, 2019).

**Çizelge 2.1.** Dünyada havuç üretim değerleri (Arscott ve Tanumihardjo, 2010)

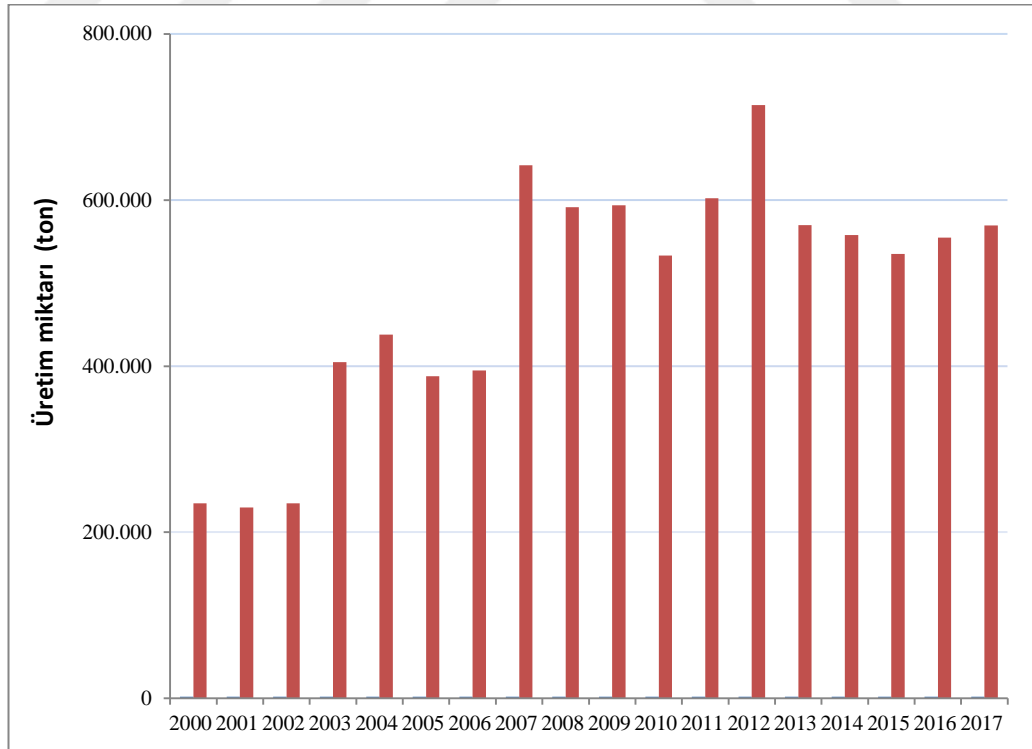
Sıra	Ülke	Üretim (ton)
1.	Çin	8395500
2.	Rusya	1730000
3.	ABD	1601790
4.	Polonya	935000
5.	Ukrayna	706500
6.	İngiltere	677144
7.	İtalya	614558
8.	Japonya	630000
9.	Almanya	555000
10.	Hollanda	430000
11.	Fransa	417800
12.	Türkiye	380000
13.	Meksika	378517
14.	Hindistan	350000
15.	Belçika	320000
16.	Endonezya	308675
17.	Belarus	306000
18.	Avustralya	302560
19.	Kanada	301450
20.	Fas	300000

Havucun anavatanı içerisinde yer alan ülkemizde de önemli düzeyde havuç üretimi söz konusu olup özellikle Ankara, Konya ve Burdur'un üretimin en çok yapıldığı illerimiz arasında olduğu ifade edilmektedir (Özgen ve Şekerci, 2013). Havucun turuncu, kırmızı, sarı, beyaz, mor ve siyah gibi farklı renklerde birçok çeşidi mevcuttur (Şekil 2.1). Ülkemizde genellikle turuncu renkli havuç daha yaygın üretilmekte olmakla birlikte, diğer renkteki havuçların da yetiştiriciliği yapılmaktadır (Sürel, 2012).



**Şekil 2.1.** Dünyada ve ülkemizde yetiştirilen havuç çeşitleri

Türkiye İstatistik Kurumu verileri incelendiğinde 2000’li yıllardan itibaren havuç üretiminin artış gösterdiği ve son 10 yıl içerisinde ortalama 600 bin ton üretim gerçekleştirildiği görülmektedir (Şekil 2.2) (TÜİK, 2019).



**Şekil 2.2.** Ülkemizde yıllara göre havuç üretim miktarları



Ülkemizde özellikle kışlık sebze olarak bilinmesine rağmen genel olarak yıl boyu tüketilen bir sebze türü olan havuç, özellikle konserve endüstrisinde de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Şu an itibariyle dünyada daha popüler olan turuncu havuç beslenme fizyolojisi bakımından da önemli bir yere sahip olup, özellikle karotenoid içeriği noktasında ön plana çıkmakta, ayrıca vitamin, besinsel lif ve çeşitli mineraller açısından da zengin bir kaynak konumunda bulunmaktadır. Bu anlamda bazı kanser türleri, kalp-damar hastalıkları ile çeşitli göz hastalıklarının görülme sıklığını azalttığı ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği rapor edilmektedir (Silva ve ark., 2007; Arscott ve Tanumihardjo, 2010; Sharma ve ark., 2012; Özgen ve Şekerci, 2013).

Her ne kadar turuncu havuçlar daha yaygın olsa da, son zamanlarda siyah havuçların (Şekil 2.3) üretimi ve tüketimi de artmıştır. Orta Asya kökenli siyah ya da mor denilen havuçlar, esasında 3000 yıldır bilinmelerine karşın Avrupa'da 12. yüzyıla kadar kültüre alınmamıştır (Ünal ve Bellur, 2009; Algarra ve ark., 2014; Kamiloğlu ve ark., 2015a).



**Şekil 2.3.** Siyah havuç

Siyah havuç, özellikle Türkiye, Afganistan, Mısır, Pakistan ve Hindistan ve Uzak Doğu'nun içerisinde bulunduğu coğrafyada çok uzun yıllardır yetiştirilmektedir (Schwarz ve ark., 2004; Türkyılmaz ve ark., 2012; Kamiloğlu ve ark., 2018). Sıcak iklim ürünü olan siyah havuç, Türkiye'nin bazı bölgelerinde yıl boyunca üretilmektedir. Türkiye'nin en önemli üretim bölgesi ise İç Anadolu Bölgesidir. Ereğli ilçesi (Konya) bölgenin en önemli üretim alanıdır (Ağçam ve Akyıldız, 2015). 2005 yılında 18 bin ton olan siyah havuç üretiminin 2010 yılında 46 bin ton düzeyine ulaştığı bildirilmektedir (Akdağ, 2011; Ersus Bilek ve ark., 2017). Ereğli Belediyesi verilerine göre ise 2018'de 120 bin ton seviyesinde üretim gerçekleştirilmiştir. Siyah havuç her ne kadar çoğunlukla Konya'da yetiştirilse de Güneydoğu Anadolu Bölgesinde de yaygındır. Ama burada yetişenler daha çok yerel ieeğimiz olan şalgam suyu üretiminde kullanılmaktadır. Son yıllarda siyah havuca talebin artmasıyla birlikte siyah havuç üretiminin önceki yıllara oranla büyük artış gösterdiği görülmektedir.

Siyah havuç, zengin besin içeriğiyle dikkat çekmekte olup çeşitli vitamin ve minerallerin en önemli kaynaklarından biri konumundadır (izelge 2.2) (Kamiloğlu ve ark., 2018).

**Çizelge 2.2.** Siyah havucun besin değerleri (100 g'da) (Kamiloglu ve ark., 2018)

<b>Bileşen</b>	<b>Birim</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
Enerji	kcal	42	41	43
Enerji	kJ	175	171	179
Su	g	87,66	87,29	88,02
Kül	g	0,84	0,76	0,92
Protein	g	0,87	0,75	1,00
Azot	g	0,14	0,12	0,16
Toplam yağ	g	0,14	0,12	0,16
Karbonhidrat	g	8,01	8,00	8,02
Lif, toplam diyet	g	2,48	2,35	2,61
Lif, suda çözünür	g	0,90	0,84	0,97
Lif, suda çözünmeyen	g	1,58	1,51	1,65
Glukoz	g	1,85	1,85	1,85
Fruktoz	g	0,14	0,14	0,14
Demir, Fe	mg	0,26	0,24	0,28
Fosfor, P	mg	29	21	38
Kalsiyum, Ca	mg	33	31	35
Magnezyum, Mg	mg	17	17	18
Potasyum, K	mg	256	240	273
Sodyum, Na	mg	82	78	86
Çinko, Zn	mg	0,15	0,14	0,17
Tiamin	mg	0,029	0,026	0,032
Riboflavin	mg	0,029	0,022	0,035
Niasin	mg	1,211	1,114	1,308
Vitamin B6	mg	0,072	0,064	0,079

Siyah havuç, insan sağlığını olumlu yönde etkileyen çeşitli bileşenler içerdiğinden insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. C ve E vitaminleri gibi bilinen antioksidanların varlığına ek olarak, siyah havuç, antioksidan kapasiteye önemli ölçüde katkıda bulunan fenolik bileşiklerin varlığından dolayı da dikkat çekmiştir (Ulusoy ve Tamer, 2019). Ana fenolik bileşikler olarak antosiyaninlerin yanı sıra, siyah havucun, hidroksisinamatlar ve kafeik asit de dahil olmak üzere önemli miktarda fenolik asit içerdiği belirlenmiştir (Algarra ve ark., 2014; Kamiloğlu ve ark., 2015a).

Antioksidan etki nedeniyle, fenolik bileşiklerin kalp ve damar hastalıkları, kanser, diyabet gibi pek çok hastalığı önleyici etki gösterdiği bilinmektedir. Ayrıca, fenolik bileşiklerin yaşlanmayı geciktirici etkilerinin de olduğu saptanmıştır. Bu durum fenolik bileşenlerin insan sağlığı açısından önleyici ve iyeleştirici role sahip olduğunu göstermektedir. Siyah havucun, turuncu havuca göre, 2,9 kat daha fazla toplam fenolik ve 2,3 kat daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği rapor edilmektedir (Alasalvar ve ark., 2005).

Fenolik bileşenler içerisinde önemli bir grubu oluşturan antosiyaninler insan sağlığı üzerine olumlu etkilerinin yanı sıra renklendirici özellikleriyle de büyük ilgi odağı olmuştur. Gıdaların rengi, tüketiciyi etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Gıdaların fark edilen ilk özelliği konumunda olduğundan, tüketiciler bir gıda ürünün kalitesini ilk olarak rengi ile değerlendirmektedirler. Bu da gıda renklerinin tüketimde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca bir gıdanın rengi aynı zamanda o gıdanın diğer duyuşal özelliklerinin algılanmasında da etkili bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Kırca, 2004; Karataş ve ark., 2013). Gıda sanayiinde renk maddeleri, gıdalara orijinal görünüm kazandırmak ve üretimi standart hale getirmek gibi amaçlarla kullanılabilir (Karataş ve ark., 2013). Bu noktada gıda endüstrisinde daha çok yapay ya da sentetik renklendiriciler yaygın şekilde kullanılmaktadır. Doğal kaynaklı ürünlere kıyasla daha ucuz ve hazır şekilde elde edilebilir olmaları dolayısıyla, yapay boya kullanımını sürekli bir artış eğilimi içerisindedir. Bununla birlikte yapay boya kullanımının sağlık açısından neden olabileceği potansiyel sorunlar bu boya kullanımının güvenirliği geçmiş yıllara oranla çok daha fazla

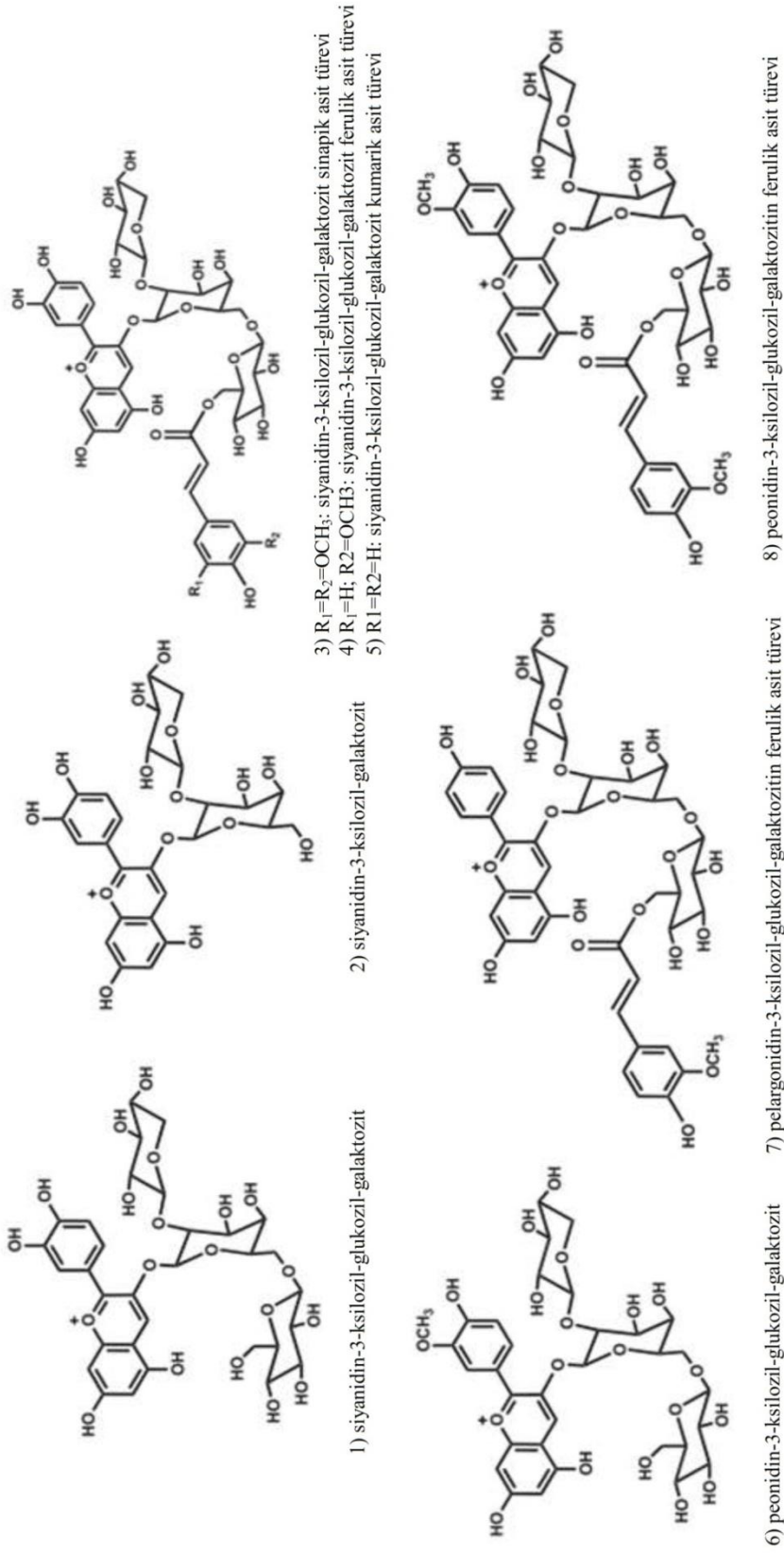
sorgulanmaya başlanmış ve bu durum, kullanımına izin verilen boyaların sayısında da azalmaya neden olmuştur (Kırca, 2004). Gerek yasal düzenlemeler gerekse de tüketicilerin doğal ürünlere olan talebindeki artış, alternatif doğal bir boya kaynağı olan antosiyaninlere ilginin artmasına yol açmıştır (Kırca, 2004; Türkyılmaz ve Özkan, 2012; Karataş ve ark., 2013). Suda çözünebilir özellikleri, antosiyaninlerin sulu gıda sistemlerine katılmalarını kolaylaştırmaktadır (Assous ve ark., 2014).

Antosiyaninler bilinen en iyi doğal gıda renk maddeleri olmasına rağmen, kararlılıklarının düşük olması, çevresel faktörlere oldukça duyarlı olmaları veya başka maddelerce kolayca tepkimeye girmeleri sonucu degrade olarak renksiz veya esmer renkli bileşiklere dönüşebilmeleri, karmaşık gıda sistemlerinde önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Gerard ve ark., 2019). Kullanımının yaygınlaşmamasının ana sebeplerinden biri de budur. Yapılan araştırmalar bitkilerdeki renk kararlılığını sağlayan ana mekanizmanın antosiyaninler ile kopigmentler arasındaki moleküler etkileşimler ile oluşan kopigmentasyon olduğunu göstermektedir. Kopigmentasyon iki şekilde gerçekleşmektedir. Kopigmentasyonun en etkili şekillerinden biri olan molekül-içi kopigmentasyon, aromatik ve/veya alifatik asitlerin antosiyanidin çekirdeğine şeker molekülü aracılığı ile açillenmesidir. Diğer bir kopigmentasyon şekli ise moleküller arası kopigmentasyon, antosiyanin ve kopigment moleküllerinin moleküller arası kovalent olmayan etkileşimidir (Kırca, 2004; Gras ve ark., 2016).

Antosiyaninler doğada antosiyanidinlerin (başlıcaları pelargonidin, siyanidin, delfinidin, peonidin, petunidin, malvidin) glikozitleri olarak bulunurlar ve glikozit uçlara bağlanmış alifatik veya aromatik asitler de içerebilirler. Ferulik asit, sinapik asit, gallik asit, p-hidroksibenzoik asit, p-kumarik asit gibi aromatik asitlerle açillenme antosiyaninler üzerinde kararlılığın artması açısından önemli etkiye sahiptir (Giusti ve Wrolstad, 2003). Arzu edilen renk ve stabilite özelliklerine sahip açillenmiş, yenilebilir antosiyanin kaynakları arasında ise başlıca kırmızı turp, kırmızı lahana ve siyah havuç gelmektedir (Kırca, 2004).

Farklı kaynaklarda siyah havucun oldukça yüksek düzeyde antosiyanin içerdiğine dair veriler mevcuttur (Kırca ve ark., 2007a; Demir, 2010; Türkyılmaz ve ark., 2012; Pala ve ark., 2017). Siyah havuçların 984 mg/kg taze ağırlık düzeyinde antosiyanin içerdiği ileri sürülmekle birlikte, bu miktarın 1750 mg/kg taze ağırlığa kadar çıkabildiği belirtilmektedir (Türkyılmaz ve ark., 2012). Kammerer ve ark. (2004), yaptıkları bir çalışmada toplam antosiyanin miktarının 45.4 mg/kg kuru ağırlıktan, 17.4 g/kg kuru ağırlığa kadar değiştiğini tespit etmişlerdir.

Büyük oranda üç şeker birimi içeren siyah havuç antosiyaninleri, tek-açilli olan antosiyaninler olarak tanımlanmaktadır. Siyah havuçta siyanidin türevleri olan başlıca beş farklı antosiyanin bulunmaktadır. Bunlardan iki tanesi açısız ve üç tanesi de açilli antosiyaninlerdir. Açısız antosiyaninler siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozit ve siyanidin-3-ksilozil-galaktozittir. Açilli antosiyaninler ise sinapik, ferulik ve kumarik asitlerle açillenmiş siyanidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozit'lerdir. Bunlarda; siyanidin 3-sinapol-ksilosil-glukosil-galaktozit, siyanidin 3-feruloyl-ksilosil-glukosil-galaktozit ve siyanidin 3-kumarol-ksilosil-glukosil-galaktozit olarak bilinmektedir (Elham ve ark., 2006; Dereli, 2010; Montilla ve ark., 2011; Algarra ve ark., 2014; Gras ve ark., 2015; Garcia-Herrera ve ark., 2016). Siyah havuçta aynı zamanda iz miktarda peonidin ve pelargonidin glikozitleri de (peonidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozit, pelargonidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozitin ferulik asit türevi ve peonidin-3-ksilozil-glukozil-galaktozitin ferulik asit türevi) tespit edilmiştir (Şekil 2.4) (Kamiloglu ve ark., 2018). Siyah havuçta ortalama %55-99 oranında açillenmiş antosiyanin bulunmaktadır. Bu da onları yüksek sıcaklıklarda, uzun süreli saklama sürelerinde ve daha geniş pH aralığında daha kararlı hale getirmektedir (Yılmaz ve Ersus Bilek, 2018).



**Şekil 2.4.** Siyah havuçta tespit edilen antosiyaninlerin kimyasal yapıları

Siyah havuç antosiyaninleri asidik pH değerlerinde mükemmel parlak bir kırmızı renk tonu sağlar. Bu nedenle siyah havuç suyu ve konsantresi; meyve suları ve nektarları, alkolsüz içecekler, konserveler, reçeller ve Őekerlemeler gibi çeşitli ürünlerin renklendirilmesinde kullanımları konusunda çeşitli araştırmalar mevcuttur (Kırca ve ark., 2006; Kırca ve ark., 2007b; Khandare ve ark., 2011; Özen ve ark., 2011; Kamiloğlu ve ark., 2015a, b; Yılmaz ve Ersus-Bilek, 2017). Aynı zamanda siyah havuç, yerel bir ieeğimiz olan Şalgam suyunun üretiminde kullanılmaktadır (Türker ve ark., 2004; Erten ve ark., 2008; Tangüler ve Erten, 2012; Tangüler ve ark., 2017). Şalgam suyunun tipik kırmızı-mor rengi siyah havuçtan gelen pigmentlerden kaynaklanmaktadır (Uyan Ersus, 2004; Degirmenci ve ark., 2012).

Ayrıca, tüm meyve ve sebze suları gibi, siyah havuç suyu ve konsantresi, yiyeceklere renklendirici olarak eklendiğinde bir bileşen olarak kabul edildiğinden, gıda etiketlerinde E - numarası ile beyan edilmesini de gerektirmez (Kırca ve ark., 2007b; Khandare ve ark., 2011). Doğal renk verici bir madde olması dolayısıyla allura kırmızısı olarak adlandırılan ve sentetik olarak üretilen FD&C Red 40 (E129) ve koşineal adlı böceklerden elde edilen ve karmin kırmızısı (E120) olarak belirtilen boyalara önemli bir alternatif olduğu ifade edilmektedir (Assous ve ark., 2014).

Siyah havuç; ülkemizde hasat edildikten sonra çukurlara gömme ve soğutucu depolarda muhafaza gibi değişik teknikler kullanılarak muhafaza edilmektedir (Tülek ve Dolar, 2011). Siyah havuç, her ne kadar depolanması kolay bir sebze olsa da uzun süre muhafaza etmek zordur. Depolama sırasında birtakım sorunlarla karşılaşılabilir ve bu da havuçlarda hastalıklara, renk kaybına ve tat acılaşmasına yol açabilir. Bu yüzden de siyah havuç gerek hasat zamanında gerek depolama anında dikkat edilmesi gereken bir sebzedir. Hasat edildikten sonra çok da uzun süre bekletilmeden işlenilmesi gerekir. Çeşitli değerlendirme Őekilleri yanında ülkemizde siyah havucun konsantreye işlenmesi yaygın bir uygulama alanına sahiptir.

Besin değerini ve duysal özelliklerini kaybetmeden stabil ve berrak meyve ve sebze suyu üretmek için yıkama ve ayıklama gibi ön işlemlerden sonra presleme



yapılmakta, elde edilen bulanık ham meyve/sebze suyuna durultma ve berraklaştırma işlemleri uygulanmaktadır (Onsekizoğlu, 2010).

Preslemeden sonra ürünün yapısında bulunan bir kısım bileşikler posada kalırken, bir kısmı da pres suyuna geçmektedir. Bu bileşiklerden bazıları meyve ham suyunda çözülmüş halde bulunurken, bazıları ise kolloidal veya dispers halde dağılmış olarak bulunurlar. Bulanıklığa neden olan bu bileşiklerin başlıcaları pektik maddeler, selüloz, nişasta, fenolik bileşikler, protein ve arabandır. Söz konusu bulanıklık unsurlarının uzaklaştırılması için öncelikle enzimatik durultma işlemi uygulanmaktadır. Böylece başta pektolitik enzimler olmak üzere çeşitli enzimlerin kullanımı ile meyve sularına ekonomik ve hızlı bir filtrasyon niteliği kazandırılmaktadır. Enzimatik durultma işlemi, stabil berrak ürün elde etmek için yeterli olmadığından farklı yardımcı maddelerden yararlanılmakta olup bu amaçla daha çok geleneksel olarak jelatin, bentonit ve kizelsol kullanılmaktadır. Bunlardan jelatin meyve suyuna (+) yük kazandırma, kizelsol (-) yük kazandırma ve bentonit ise adsorpsiyon şeklinde etki göstermektedir (Acar ve Gökmen, 2005).

Geleneksel berraklaştırma yardımcı maddelerine alternatif olarak son yıllarda membran filtrasyon yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle de ultrafiltrasyon membranları, meyve sularını berraklaştırmak için yaygın bir uygulama alanı bulmuştur. Ultrafiltrasyon yöntemiyle; meyve suyu veriminde artış, enzim ve yardımcı madde kullanımında azalma, filtrasyon sürelerinin ve atık ürünlerin azaltılması, ekipmanın kolay temizliği ve bakımı, tek bir adımda çalışma imkanı söz konusu olmaktadır (Cassano ve ark., 2011). Ultrafiltrasyon ile berraklaştırmanın en büyük avantajının, geleneksel yöntemle berraklaştırmada kullanılan yardımcı maddelere duyulan gereksinimi ortadan kaldırması ve bu şekilde işletme maliyetini düşürmesi olduğu belirtilmektedir.

Endüstriyel işlemlerde, meyve ve sebze suları genellikle yıl boyunca kullanılabilmesi için konsantre edilmektedir. Konsantreler, su aktivitesinin azalması sonucu mikrobiyel ve kimyasal bozulmaya karşı orijinal meyve ve sebze suyundan daha yüksek direnç göstermektedir. Ayrıca konsantrasyon hacmi azaltacağı içinde taşıma,

depolama ve paketleme maliyetlerini de azaltmaktadır (Onsekizoglu ve ark., 2010; Onsekizoglu, 2013). Meyve/sebze suyu konsantresi üretimi amacıyla günümüzde geleneksel olarak çok aşamalı evaporasyon düzeneklerinden yararlanılmaktadır. Bu işlem ise sıcaklığın etkisine bağlı olarak üründe aroma kaybına yol açarken, aynı zamanda renk bozulmaları ve pişmiş tat oluşumu gibi olumsuzluklara da neden olmaktadır (Acar ve ark., 2009).

Taze meyve ve sebzenin rengini, besin değerini, yapısal özelliklerini ve aromasını mümkün olduğu kadar koruyabilen daha kararlı ürünler elde etmek için geleneksel termal evaporasyona alternatif olarak, dondurarak konsantrasyon ve membran prosesleri kullanılabilir (Onsekizoglu ve ark., 2010). Dondurarak konsantrasyon, ürünün kalitesini önemli düzeyde korumakla birlikte dikkat çekici düzeyde enerji tüketimi ve ulaşılabilecek sınırlı konsantrasyon derecesi nedeniyle kullanımı sınırlıdır (Onsekizoglu ve ark., 2010; Quist-Jensen ve ark., 2016). Membran prosesleri ise faz değişimi olmaksızın, ayrıca düşük sıcaklıklarda çalışabilme kapasitelerinden dolayı meyve ve sebze suyu konsantresi üretiminde geleneksel yöntemlere göre önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Quist-Jensen ve ark., 2016).

Nanofiltrasyon ve ters osmoz gibi basıncın sürücü güç olduğu membran proseslerinin meyve sularını konsantre etmek için kullanılma potansiyelleri mevcuttur (Destani ve ark., 2013; Yılmaz ve Onsekizoglu Bağcı, 2018). Bu uygulamaların geleneksel termal evaporasyona göre avantajları arasında; düşük sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için ürünün termal etkiden daha az etkilenmesi, enerji tüketiminde ve ekipman giderlerinde azalma meydana gelmesi sayılabilir. En büyük dezavantajı ise yüksek ozmotik basınçların yarattığı sınırlamalar nedeniyle geleneksel termal evaporasyon yöntemiyle elde edilen konsantrasyon düzeyine ulaşamamasıdır. Ters osmoz ile konsantrasyonda 25-30<sup>o</sup>Bx seviyelerinin üzerine çıkılamaması nedeniyle bu yöntem daha çok ön konsantrasyon amacıyla kullanılmaktadır (Rodrigues ve ark., 2004; Onsekizoglu ve ark., 2010; Destani ve ark., 2013; Quist-Jensen ve ark., 2016; Yılmaz ve Onsekizoglu Bağcı, 2018).

Son yıllarda teknolojideki gelişmelere bağlı olarak, meyve sularının atmosferik basınç altında ve düşük sıcaklıklarda çok yüksek konsantrasyonlara ulaşılmasını sağlayan membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik membran prosesleri üzerinde önemle durulan yeni alternatif membran uygulamaları olarak ortaya çıkmıştır (Onsekizoglu ve ark., 2010; Bahçeci ve ark., 2015).

Membran destilasyon uygulaması ile konsantrasyon, atmosferik basınçta ve çözeltilerin kaynama noktasının çok altında bir sıcaklıkta (örneğin en fazla 35-40°C) yüksek konsantrasyonlara ulaşılmasını sağlamaktadır (Onsekizoglu ve ark., 2010). Bu uygulamada farklı sıcaklığa sahip iki sıvı çözelti, hidrofobik karakterli mikroporöz bir membran tarafından birbirinden ayrılmaktadır. Bu koşullar altında sıcak olan taraftan soğuk olan tarafa doğru bir su buharı transferi söz konusudur. Membran destilasyon işlemindeki sürücü güç, hidrofobik membran boyunca sıcaklık farkının neden olduğu buhar basıncı farkıdır (Alkudhiri ve ark., 2012). Burada üç aşamalı bir kütle aktarım mekanizması söz konusudur (Jiao ve ark., 2004);

- 1- Sıcak çözelti-membran arayüzeyinde buhar oluşumu
- 2- Buhar fazının mikroporöz sistem boyunca taşınımı
- 3- Soğuk çözelti-membran arayüzeyinde buharın yoğuşması

Membran destilasyon prosesi için polivinildiflorid (PVDF), polipropilen (PP) ve politetrafluoetilen (PTFE) yapıda ve 0.2-1.0 µm por çapına sahip membranların uygun olduğu belirtilmektedir. Genel olarak düşük kalınlık ve yüksek poroziteye sahip membranlarda daha yüksek hızda akı elde edilmekte olup membran porozitesi %60-80 arasında ve membran kalınlığı da destek materyalinin varlığına bağlı olarak 80-250 µm düzeyindedir. Uygulama alanına bağlı olarak daha çok düz yapılı (flat sheet), spiral sarılmış (spiral wound) ve hollow fiber membranların tercih edildiği görülmektedir (Nagaraj ve ark., 2006; Onsekizoğlu, 2010).

Ozmotik destilasyon ise ozmotik evaporasyon ve izotermal membran destilasyon gibi isimlerle de ifade edilmektedir. Ozmotik destilasyon işlemi ile konsantrasyon, atmosferik basınç altında ve oda sıcaklığında gerçekleştiğinden sıcaklığın etkisine

bağlı olarak meydana gelen termal degradasyonlar önemli ölçüde engellenebilmektedir. Bu proste de, farklı su aktivitesine sahip çözeltiler (seyreltik çözelti ve hipertonic tuz çözeltisi) hidrofobik karakterli mikropöröz bir membran kullanılarak birbirinden ayrılmaktadır (Kujawski ve ark., 2013). Su aktivitesindeki farklılık, konsantre edilecek olan seyreltik çözeltilerden hipertonic tuz çözeltisine doğru su buharı transferine yol açmaktadır. Membran destilasyonda olduğu gibi ozmotik destilasyon uygulamasında da üç aşamalı bir kütle aktarım mekanizması söz konusudur (Nagaraj ve ark., 2006);

- 1- Seyreltik çözeltilerde buhar-sıvı arayüzeyinde suyun buharlaşması
- 2- Su buharının membran boyunca taşınımı
- 3- Tuzlu çözelti-membran arayüzeyinde su buharının yoğunlaşması.

Ozmotik destilasyonda da membran destilasyona benzer şekilde PVDF, PP ve PTFE yapıda membranlardan yararlanılmaktadır (Bahçeci ve ark., 2013). Ozmotik destilasyon yönteminde genellikle inorganik tuzlar ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  ve  $\text{MgSO}_4$ ) veya organik çözücüler (gliserol ve poligliserol) ozmotik ajan çözeltileri olarak kullanılabilir (Kujawski ve ark., 2013).

Ozmotik destilasyon uygulaması ile oda sıcaklığında meyve/sebze sularında yüksek °Briks değerlerine ulaşılması mümkündür. Bu nedenle de, ters osmozda karşılaşılan yüksek ozmotik basınç sınırlaması ve membran destilasyonda ise uygulama sıcaklığına bağlı olarak ortaya çıkan uçucu bileşen kaybı ve az da olsa ısıl degradasyon gibi dezavantajların önüne önemli ölçüde geçilebilmektedir (Onsekizoğlu, 2010). Ozmotik destilasyon ve membran destilasyon uygulamalarının kombine kullanımı ile yani hipertonic tuz çözeltisi ile konsantre edilecek meyve suyu arasında sıcaklık gradyeni oluşturulması ile tümleşik membran sistemi kullanılabilir ve böylelikle sistem performansının önemli düzeyde artırılması söz konusu olmaktadır (Acar ve ark., 2009; Bahçeci ve ark., 2013).

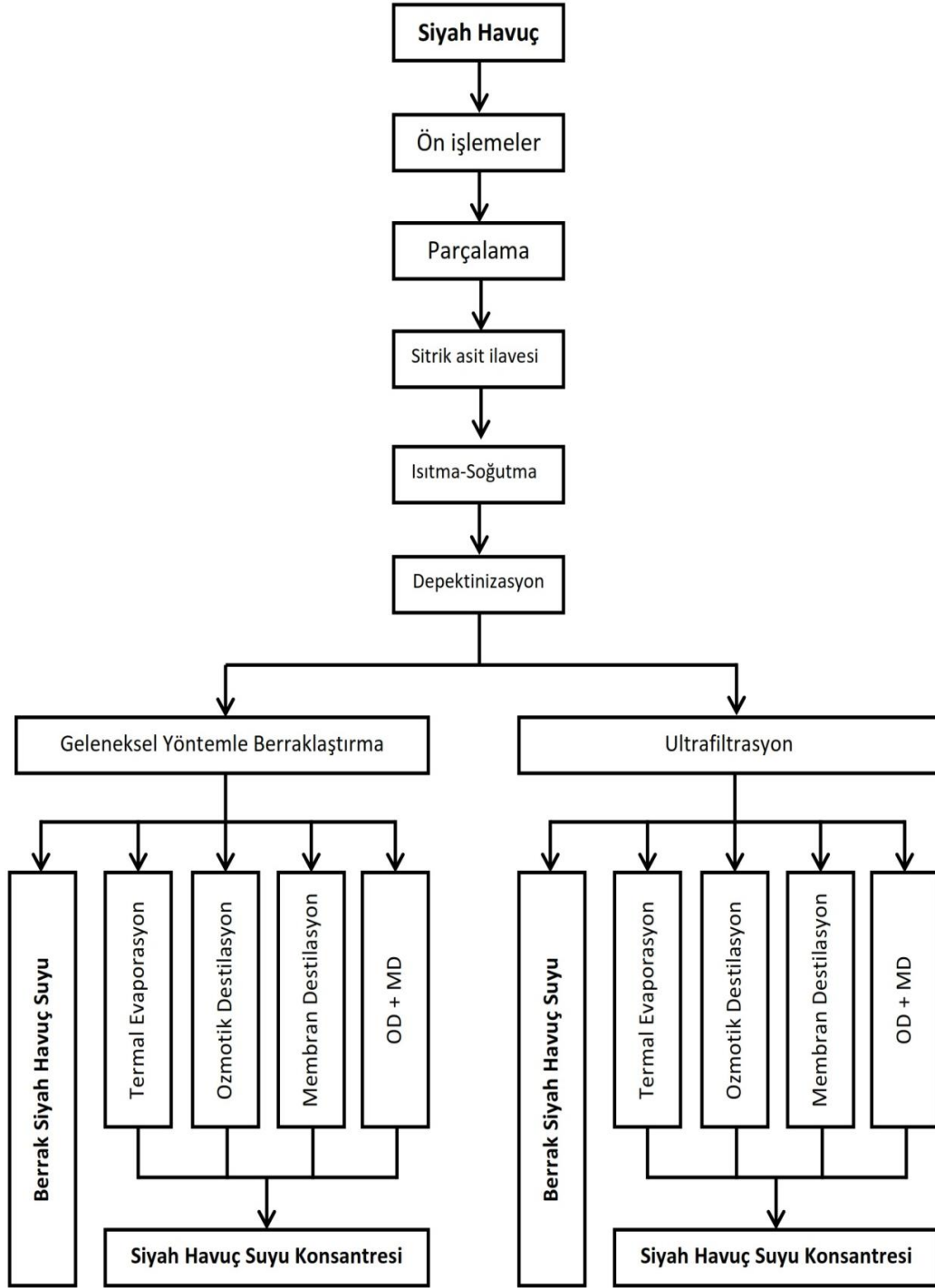
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

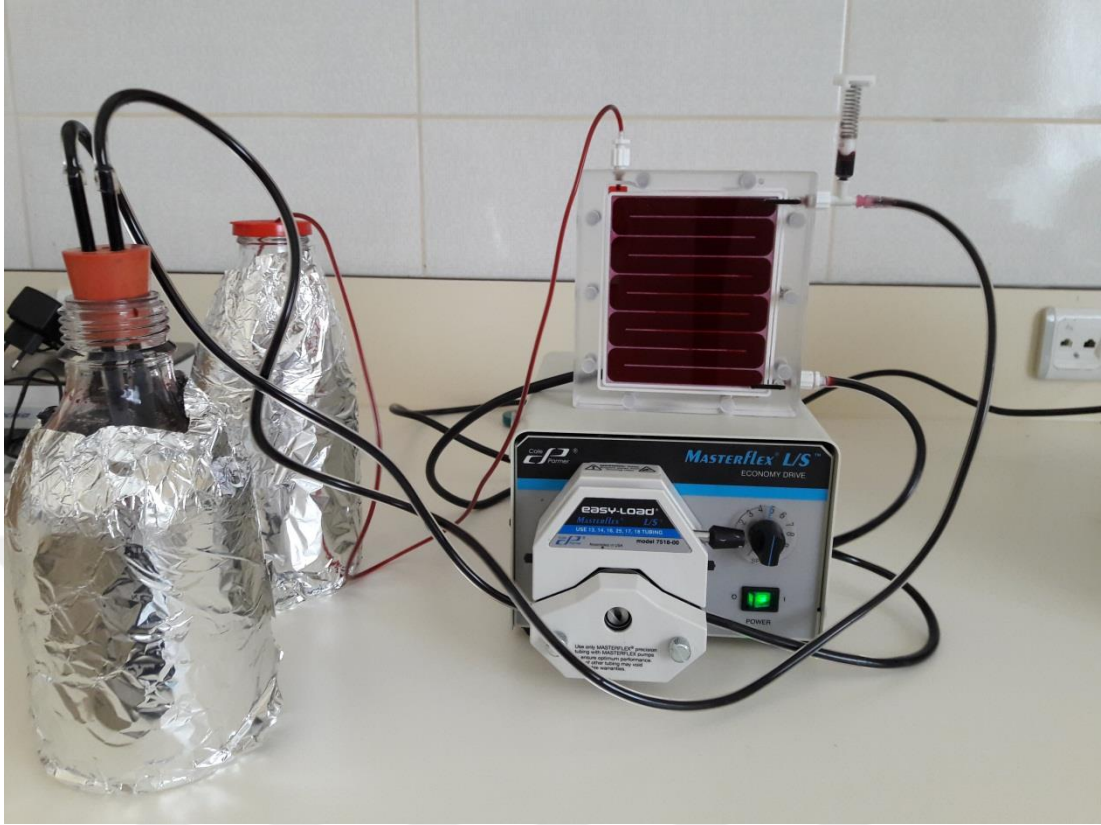
Araştırma kapsamında kullanılan siyah havuç örnekleri Erkon Konsantre San. Tic. A.Ş. (Ereğli-Konya) firmasından sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan enzimler Erbslöh (Geisenheim, Almanya), kimyasal maddeler ise Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD) ve Merck (Darmstadt, Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

#### 3.2. Berrak Siyah Havuç Suyu Üretimi ve Konsantrasyonu

Laboratuvar koşullarında berrak siyah havuç suyu ve konsantresi üretiminde Şekil 3.1'de verilen yöntem uygulanmıştır. Bu anlamda ayıklama ve yıkama gibi ön işlemlerin ardından katı meyve sıkacağı kullanılarak örnekler parçalanmış ve siyah havuç ham suyu elde edilmiştir. pH değeri sitrik asit (%50'lik) ilavesi ile yaklaşık 3,9 seviyesine düşürülen örneklere 85°C'de 1 dak ısıtma işlemi uygulanmış ve pektolitik enzim (Fructozym P, 0,2 mL/L) yardımıyla 50°C'de 2 saat süreyle depektinizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Filtrasyon işleminin ardından örnekler dört gruba ayrılmış, birinci kısım geleneksel yöntemle, diğer kısımlar ise ultrafiltrasyon sistemi ile berraklaştırma işlemine tabi tutulmuşlardır. Geleneksel berraklaştırma amacıyla jelatin (0,5 g/L) ve bentonit (2,5 g/L) kullanılmış ve 45°C'de 1 saatlik işlem sonunda örnekler kaba filtre kağıdından geçirilerek durultma işlemi tamamlanmıştır. Diğer grup örnekler ise Vivaflow 200 (Sartorius AG, Goettingen, Almanya) ultrafiltrasyon sistemi yardımıyla 100 kDa, 50 kDa ve 30 kDa gözenek büyüklüğüne sahip membranlar kullanılarak berraklaştırılmışlardır. Kullanılan membranlar polietilen sülfon (PES) yapıda olup membran yüzey alanı 0,2 m<sup>2</sup>'dir. Bu amaçla kullanılan düzenek Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



**Şekil 3.1.** Geleneksel termal evaporasyon ve membran sistemlerinden yararlanılarak berrak siyah havuç suyu konsantresi üretim akım şeması (OD: Ozmotik destilasyon, MD: Membran destilasyon)



**Şekil 3.2.** Siyah havuç berraklaştırması amacıyla kullanılan ultrafiltrasyon düzeneği

Berraklaştırma işleminin ardından membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve bu ikisinin birlikte kullanıldığı tümleşik sistemler ile siyah havuç suyu konsantresi üretilmiş olup kullanılan membran destilasyon ve ozmotik destilasyon sistemlerine ait deney düzenekleri Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’te gösterilmektedir. Geleneksel termal evaporasyon işlemi de rotary evaporatör kullanılarak 70°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.3.** Membran destilasyon sistemi [(1) örnek, (2) ısıtıcı sistem, (3) pompa, (4) membran, (5) ısı değişirici, (6) pompa, (7) saf su, (8) terazi, (9) soğutucu sistem]



**Şekil 3.4.** Ozmotik destilasyon sistemi [(1) örnek, (2) pompa, (3) membran, (4) pompa, (5) konsantre tuz çözeltisi, (6) terazi]



Yukarıdaki membran sistemlerinde konsantrasyon işleminin gerçekleştirildiği ve sistemin en önemli parçası konumundaki hidrofobik karakterli kapiler membran modülünün (MD 020 CP 2N, Microdyn) özellikleri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

**Çizelge 3.1.** Konsantrasyon amacıyla kullanılan kapiler membran modülünün özellikleri

	Kapiler membran (MD 020 CP 2N)
Membran yapısı	polipropilen
İç çap, mm	1,8
Por çapı, $\mu\text{m}$	0,2
Membran yüzey alanı, $\text{m}^2$	0,1
Dış kabuk yapısı	polipropilen

Membran destilasyon işlemi, membran giriş sıcaklıkları arasındaki fark  $25^\circ\text{C}$  olacak şekilde (siyah havuç suyu sıcaklığı:  $37^\circ\text{C}$ , destile su sıcaklığı:  $12^\circ\text{C}$ ) gerçekleştirilmiştir. Siyah havuç suyu ile destile su membrana ters akışlı olarak 30 L/h akış hızında beslenmiştir. Ozmotik destilasyon işlemi ise oda sıcaklığında gerçekleştirilmiş, membranın iki yüzeyi arasında herhangi bir sıcaklık farkı uygulanmamıştır. Sistemde, hipertonic tuz çözeltisi olarak %65 (m/m)  $\text{CaCl}_2$  çözeltisi kullanılmış, siyah havuç suyu ile  $\text{CaCl}_2$  çözeltisi membrana ters akışlı olarak 30 L/h akış hızında beslenmiştir. Tümüyle uygulamada ise, ozmotik destilasyona benzer şekilde tuz kullanımı gerçekleştirilmiş ve membran destilasyona benzer şekilde de iki yüzey arasında  $25^\circ\text{C}$  sıcaklık farkı uygulanmıştır. Konsantrasyon amacıyla kullanılan siyah havuç suyu miktarı her bir deneme için 1000 g olup, tuz çözeltisi ise bu değerlerin 5 katı (5000 g) düzeyindedir. Konsantrasyon işlemleri, örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri yaklaşık  $60^\circ\text{Bx}$  olana kadar sürdürülmüştür. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örnekler, başlangıç briks seviyesine ( $10,5^\circ\text{Bx}$ ) geri sulandırıldıktan sonra kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

### 3.3. Permeat Akısı

Konsantrasyon işlemi süresince permeat tarafına aktarılan su miktarı bilgisayar kontrollü bir terazi ile zamana bağlı olarak ölçülmüş ve akı (J) değerleri aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$J = \frac{1}{A} \frac{\Delta m_{su}}{\Delta t} \quad (3.1)$$

Burada;

J: akı, kg/(m<sup>2</sup>.h)

$\frac{\Delta m_{su}}{\Delta t}$  : permeat tarafına su transfer hızı, kg/h

A: membran yüzey alanı, m<sup>2</sup>

### 3.4. Fizikokimyasal Analizler

#### 3.4.1. pH analizi

Örneklerin pH değerleri, önceden kalibre edilmiş pH metre yardımıyla (Adwa AD1020) ölçülmüştür.

#### 3.4.2. Toplam asitlik tayini

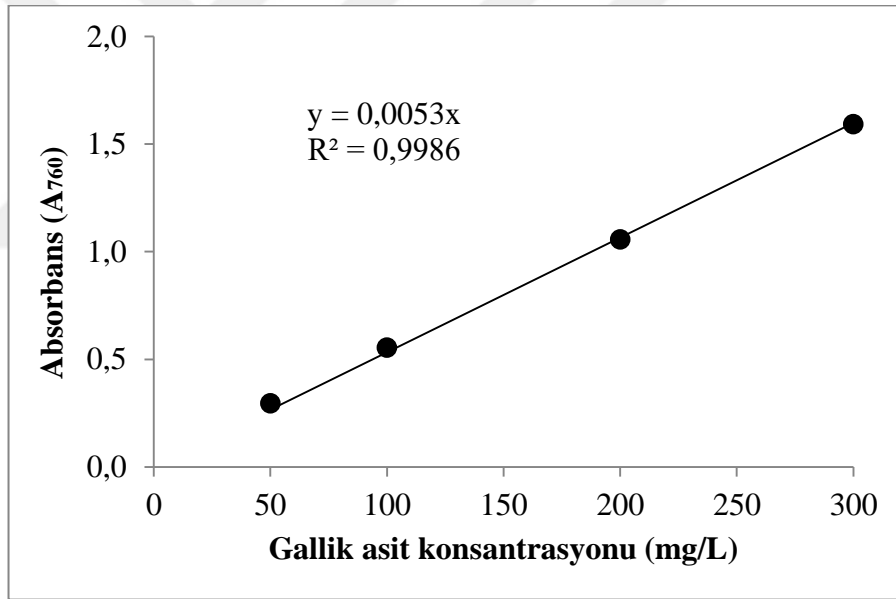
Toplam asitlik Adwa AD1020 pH metre kullanılarak potansiyometrik yöntemle belirlenmiş olup susuz sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (Türkyılmaz ve Özkan, 2012).

#### 3.4.3. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde miktarı Singh ve ark. (2018) tarafından uygulanan Folin-Ciocalteu yöntemi modifiye edilerek belirlenmiş olup yöntemin temeli, örnekteki fenolik bileşenlerin Folin-Ciocalteu çözeltisinin fosfomolibik-fosfotungustik

çözeltilisini indirgeyerek mavi renkli kompleks oluşturması ve oluşan bu rengin ölçülmesine dayanmaktadır.

1:50 oranında seyreltilmiş 0,1 mL siyah havuç suyu üzerine 1,0 mL 0,2 N Folin-Ciocalteu's fenol çözeltisi ve 0,8 mL 2 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eklenmiş, iyice karıştırılan örnekler karanlıkta oda sıcaklığında 1 saat bekletilmişlerdir. Süre sonunda örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrik olarak 760 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Örneklerde bulunan toplam fenolik madde miktarı, daha önce farklı konsantrasyonlarda hazırlanan gallik asit çözeltilerinin (50, 100, 200, 300 mg/L) absorbans değerlerinden elde edilen standart eğri (Şekil 3.5) yardımıyla hesaplanmış, sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.



Şekil 3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

#### 3.4.4. Antosiyanin analizi

Örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin miktarı, pH diferansiyel metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Metodun ilkesi, monomerik antosiyaninlerin pH 1,0'de renkli oksonium formunun, pH 4,5'te 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).

1:10 oranında seyreltilmiş örneklerden iki adet spektrofotometre küvetine 0.2 mL alınarak örneklerden birisi potasyum klorür tamponu ile (pH 1,0), diğeri ise sodyum asetat tamponu ile (pH 4,5) 2.0 mL'ye tamamlanmıştır. Örneklerin absorbans değerleri, maksimum absorbans verdikleri dalga boyunda (dalgaboyu spektrumundan örneklerin maksimum absorbansı 529 nm dalgaboyunda verdikleri belirlenmiştir) ve 700 nm'de suya karşı ölçülmüştür. Bu ölçümlerden yararlanılarak monomerik antosiyaninlerden kaynaklanan absorbans (A) aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$A = (A_{529} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{529} - A_{700})_{\text{pH } 4,5} \quad (3.2)$$

Orijinal örnekteki antosiyanin konsantrasyonu ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{Monomerik antosiyaninler, } \frac{mg}{L} = \frac{(A)(MA)(SF)1000}{(\epsilon)l} \quad (3.3)$$

Burada;

A: düzeltilerek hesaplanmış absorbans farkı

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

$\epsilon$ : molar absorpsiyon katsayısı, siyanidin-3-glukozid için 26900

SF: seyreltme faktörü

l: spektrofotometre küvet kalınlığı, 1 cm

### 3.4.5. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini

Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayininde bisülfid ağartma yönteminden yararlanılmış olup yöntemin ilkesi, bisülfid uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin verdikleri absorbansların ölçümlerine dayanmaktadır. Ortama sodyum bisülfid çözeltisi eklenince doğal haldeki monomerik antosiyaninler bisülfitle reaksiyona

girerek renksiz bileşikler oluşmaktadır. Buna karşın, “polimerik antosiyenin-tanen” kompleksleri ve melanoidin pigmentleri, bisülfitlelerin ağartma etkisine direnerek renklerini korurlar. Bu esmer renkli pigmentlerin ortamdaki konsantrasyonu arttıkça, 400-440 nm aralığında okunan absorpsiyon değerleri yükselmektedir. Bu nedenle; bisülfite uygulanmaksızın maksimum absorbans veren dalgaboyunda ve bisülfite uygulandıktan sonra 420 nm dalgaboyunda yapılacak iki absorbans okuması yardımı ile, “renk yoğunluğu”, “polimerik renk” ve “polimerik renk oranı” belirlenebilmektedir (Özkan ve ark., 2010).

Uygun oranlarda seyreltilmiş örneklerden iki ayrı spektrofotometre küvetine 1,9 mL örnek alınıp, birinin üzerine 0,1 mL bisülfite çözeltisi, diğerine ise 0,1 mL deiyonize su eklenip 15 dak bekletilmişlerdir. Süre sonunda her iki küvetteki çözeltinin 420 nm,  $\lambda_{max}$  (529 nm) ve 700 nm dalgaboylarındaki absorbans değerleri saf suya karşı ölçülmüştür.

Renk yoğunluğu; bisülfite uygulanmamış küvette bulunan örneğin 420 ve 529 nm dalgaboylarındaki verdiği absorbansların toplamı olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Renk yoğunluğu} = [ (A_{529} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700}) ]. (SF) \quad (3.4)$$

Polimerik renk; bisülfite uygulanmış küvette bulunan örneğin 420 ve 529 nm dalgaboylarındaki verdiği absorbansların toplamı olup yukarıdaki eşitliğin aynısı olan aşağıda verilmiş eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Polimerik renk} = [ (A_{529} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700}) ]. (SF) \quad (3.5)$$

Polimerik renk yüzdesi; polimerik rengin, renk yoğunluğuna oranı olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Polimerik renk oranı} = \frac{\text{Polimerik renk}}{\text{Renk yoğunluğu}} \cdot 100 \quad (3.6)$$

### 3.4.6. Antioksidan aktivite analizi

Örneklerin antoksidan aktiviteleri, ABTS radikal katyonu kullanılarak Singh ve ark. (2018) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek belirlenmiş olup yöntemin temeli, stabil olarak oluşturulan ABTS radikal katyonunun antioksidan madde tarafından söndürülmesi sonucunda 734 nm dalga boyundaki absorbans (mavi-yeşil renk) azalmasının (% inhibisyon) ölçülmesidir. Stok radikal çözeltisi, 2,45 mM potasyum persülfat içeren 7 mM ABTS çözeltisi hazırlanması ve bu çözeltinin oda sıcaklığında ve karanlıkta 16 saat bekletilmesi ile elde edilmiştir. Analiz öncesinde radikal çözeltisi 734 nm'de yaklaşık 0,720 absorbans değerine seyreltilerek kullanılmıştır. 1:100 oranında seyreltilmiş 20 µL örnek, 980 µL seyreltilmiş ABTS radikal çözeltisi ile karıştırılmış ve 734 nm dalgaboyunda 6 dak sonunda absorbans değeri ölçülmüştür. Reaksiyon sonucu harcanan ABTS miktarı, sentetik bir antioksidan olan Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmış ve mM TEAC olarak verilmiştir.

### 3.4.7. HMF analizi

HMF analizi amacıyla örnekler Carrez I ve Carrez II kullanılarak durultulduktan sonra, uygun seyreltme işlemlerinin ardından 0,45 µm filtreden geçirilmiş ve 20 µL örnek HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Bu amaçla kuaterner pompa, otomatik örnek enjeksiyon sistemi, diode array dedektör (DAD) ve sıcaklık kontrollü kolon firmı 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 asetonytril karışımı (90:10, v/v) kullanılmıştır. Kromatografik seperasyon Inertsil C<sub>18</sub> kolonda (4,6x250 mm, 5 µm) ve 25°C'de gerçekleştirilmiştir (Onsekizoğlu ve ark., 2010). Kromatogramlar ise 284 nm dalga boyunda kaydedilmiştir.

### 3.5. Antosiyaninlerin Isıl Stabilitesi ve Kinetik Katsayıların Belirlenmesi

pH değeri 3,9'a ayarlanmış ve 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanılarak berraklaştırılmış 10,5°Bx değerine sahip siyah havuç suyu örnekleri 70°C, 80°C, 90°C ve 95°C sıcaklıkta farklı süreler ısıtılma tabii tutulmuşlardır. Kapaklı cam tüplerde ve su banyosu içerisinde gerçekleştirilen denemelerde belirlenen sıcaklığa çıkış süreleri termometre ile saptanmış, ısıtılma işlem sonrasında ise örnekler buzlu su içerisine alınarak, hızla soğutulması sağlanmıştır. Örneklerdeki antosiyanin ve polimerik renk oranı miktarları Bölüm 3.4.4 ve 3.4.5'te belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir.

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılma işlem görmüş siyah havuç suyu örneklerindeki antosiyanin parçalanması 1. derece reaksiyon kinetiğine göre aşağıda belirtilen eşitlik kullanılarak değerlendirilmiştir.

$$Inc = Inc_0 - kt \quad (3.7)$$

Burada;

$c_0$ : başlangıç antosiyanin konsantrasyonu,

$c$ : t süre sonundaki antosiyanin konsantrasyonu

$k$ : reaksiyon hız sabiti

$t$ : süre

Reaksiyon hız sabitinin belirlenmesi amacıyla her bir sıcaklık için  $Inc$  ve  $t$  grafikleri çizilmiş ve elde edilen doğruların eğimi üzerinden  $k$  değerleri hesaplanmıştır.

Yarılanma süresi ( $t_{1/2}$ ), incelenen bileşenin başlangıç konsantrasyonunun yarıya düşmesi için geçen süre olup, 1. derece reaksiyon kinetiğine göre belirlenmiş ve reaksiyon hız sabitine ( $k$ ) bağlı olarak aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$t_{1/2} = -(ln0,5)/k \quad (3.8)$$

Aktivasyon enerjisinin belirlenmesinde ise Arrhenius eşitliği yardımıyla oluşturulan aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\ln k = \ln A + \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \quad (3.9)$$

Burada;

k: reaksiyon hız sabiti

A: frekans faktörü

$E_a$ : aktivasyon enerjisi

R: gaz sabiti

T: mutlak sıcaklık

Yukarıda verilen 3.9 nolu eşitlikte  $\ln k$  ve  $1/T$  grafiğinin eğiminden aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) hesaplanmıştır.

Siyah havuç suyu örneklerinde ısıl işleme bağlı olarak antosiyaninlerin parçalanması sonucu meydana gelen polimerik renk oluşumunun 0. derece reaksiyon kinetiğine uygun olarak gerçekleştiği belirlenmiş olup bu reaksiyona ait hız sabitinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$c = c_0 + kt \quad (3.10)$$

Burada;

$c_0$ : başlangıç polimerik renk oranı

c: t süre sonundaki polimerik renk oranı

k: reaksiyon hız sabiti

t: süre

Polimerik renk oranının zamana karşı grafiğe geçirilmesiyle elde edilen doğruların eğiminden bu reaksiyona ait hız sabitleri (k) belirlenmiştir. Aktivasyon enerjisinin belirlenmesinde de yukarıda açıklanan 3.9 numaralı eşitlikten yararlanılmıştır.



### 3.6. İstatistiksel Analizler

Siyah havuç suyu ve konsantresi sırasında uygulanan farklı proseslerin, ürün karakteristikleri üzerine etkileri SPSS 16.0 for Windows paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş, istatistiksel olarak farklı grupların karşılaştırmasında Duncan testi kullanılmıştır.

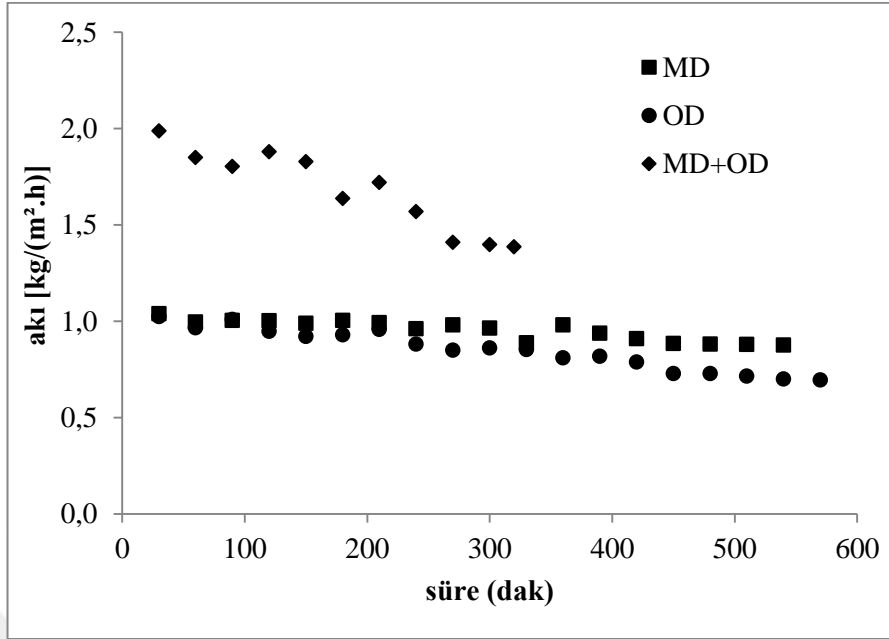


## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

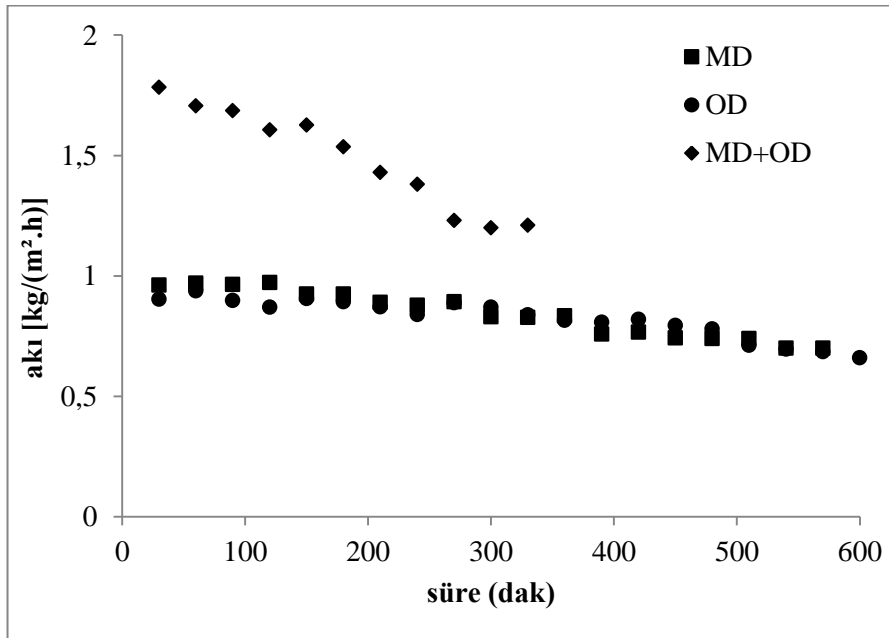
### 4.1. Membran Sistemleri ile Konsantrasyon Sürecinde Akı ve Konsantrasyon Derecesindeki Değişimin İncelenmesi

Geleneksel jelatin-bentonit durultması yanında farklı büyüklükte gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları kullanılarak berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve her iki yöntemin bir arada kullanıldığı tümleşik sistem ile konsantrasyonu sürecince evaporasyon akısı ve konsantrasyon derecesindeki değişimler bu bölümde ele alınmıştır. Birim zamanda membran boyunca geçen su miktarını ifade eden akı değerleri Eşitlik 3.1'e göre belirlenmiş iken, konsantrasyon derecesi siyah havuç suyu örneklerinin suda çözünür kuru madde içeriğinin başlangıç suda çözünür kuru madde değerlerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Materyal ve Yöntem kısmında ifade edildiği gibi her bir deneme için 10.5°Bx değerine sahip 1000 g siyah havuç suyu örneğinin yaklaşık 60°Bx seviyesine konsantrasyonu sağlanmıştır. Konsantrasyon süreci, membran destilasyon ve ozmotik destilasyon sistemlerinin kullanılması durumunda ortalama 9,5-10 saat, tümleşik sistem kullanımında ise ortalama 5,5 saat sürmüştür.

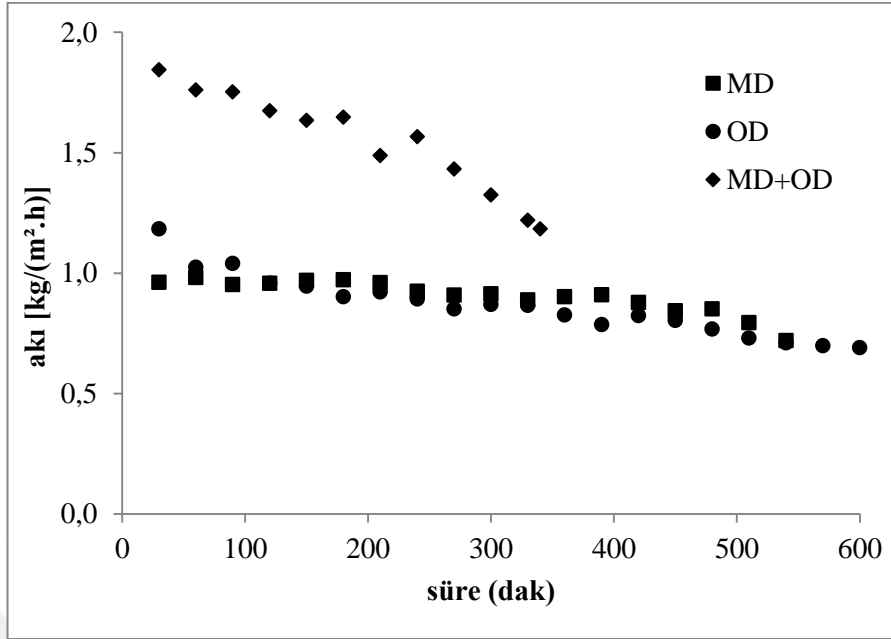
Şekil 4.1-4.4'te sırasıyla 30 kDa, 50 kDa ve 100 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ve geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile berraklaştırılan örneklerin konsantrasyonu sırasında akıda meydana gelen değişimler, konsantrasyon amacıyla kullanılan membran sistemleri açısından karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir. Evaporasyon akısı bakımından sürücü güç membran destilasyon sisteminde membran boyunca oluşturulan sıcaklık farkı dolayısıyla, ozmotik destilasyon sistemi için ise membran yüzeyleri arasındaki su aktivitesi farkı dolayısıyla meydana gelen buhar basıncı farkıdır. Bu anlamda akı değerlendirmesi ve karşılaştırması gerçekleştirilirken, membran destilasyon sisteminde uygulanan sıcaklık gradyanının ve ozmotik destilasyon sisteminde ise kullanılan hipertonik tuz çözeltisi konsantrasyonu ve miktarının önemli olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.



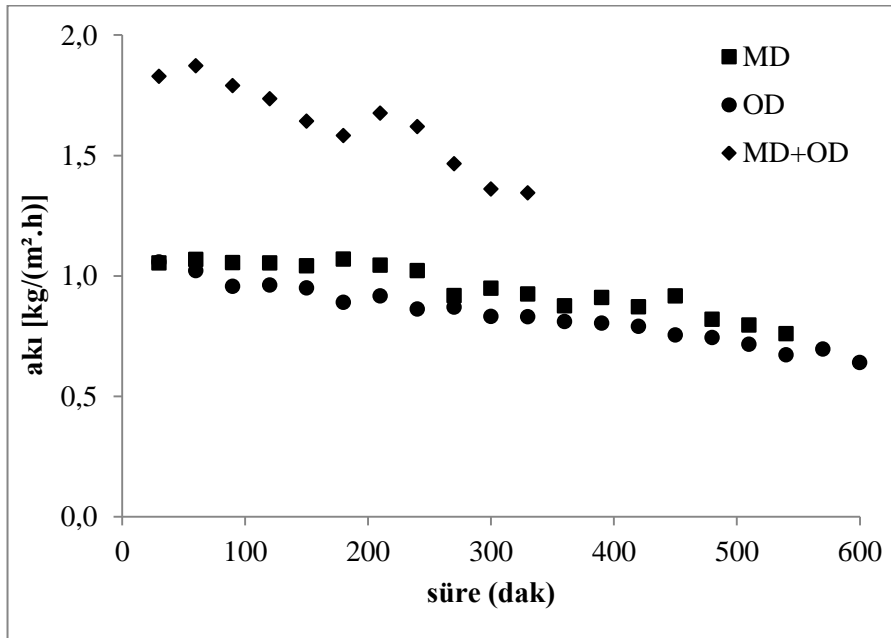
**Şekil 4.1.** 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi



**Şekil 4.2.** 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi

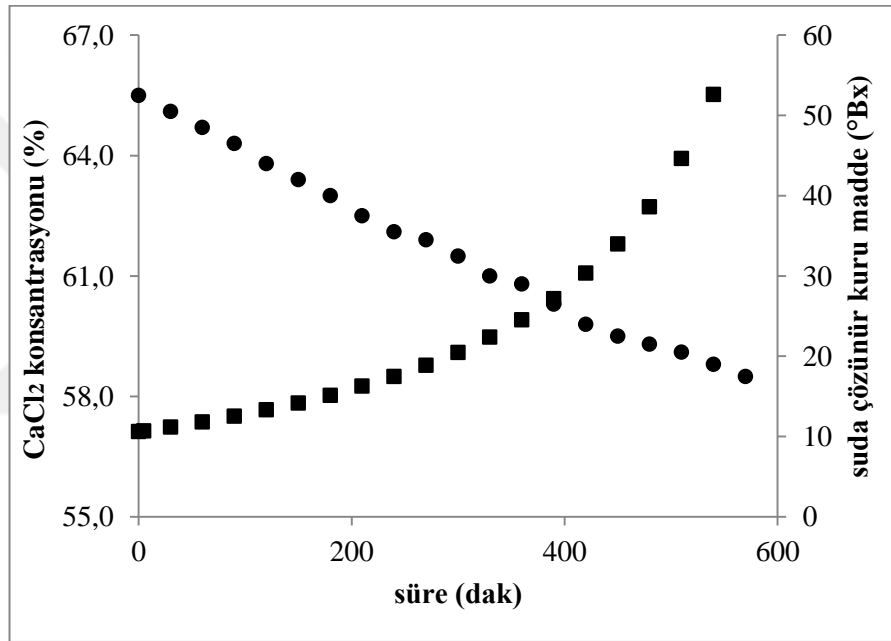


**Şekil 4.3.** 100 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi



**Şekil 4.4.** Geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda akının zamanla değişimi

Evaporasyon akısı bakımından membran destilasyon ve ozmotik destilasyon yöntemlerinde genel olarak yakın veriler elde edilmiştir. Bununla birlikte özellikle konsantrasyonun son aşamalarında ozmotik destilasyon yöntemleri ile biraz daha düşük akı değerleri saptandığı görülmektedir. Bu durum kullanılan tuz çözeltisinin seyrelmesine bağlı olarak ortaya çıkmakta olup Şekil 4.5'te bu anlamda örnek bir grafik verilmiştir. Nitekim başlangıçta yaklaşık %65 olan  $\text{CaCl}_2$  çözeltisinin konsantrasyonunun zamanla azalması, evaporasyon akısı için gerekli sürücü gücün de bu duruma paralel bir biçimde azalması sonucunu meydana getirmektedir.



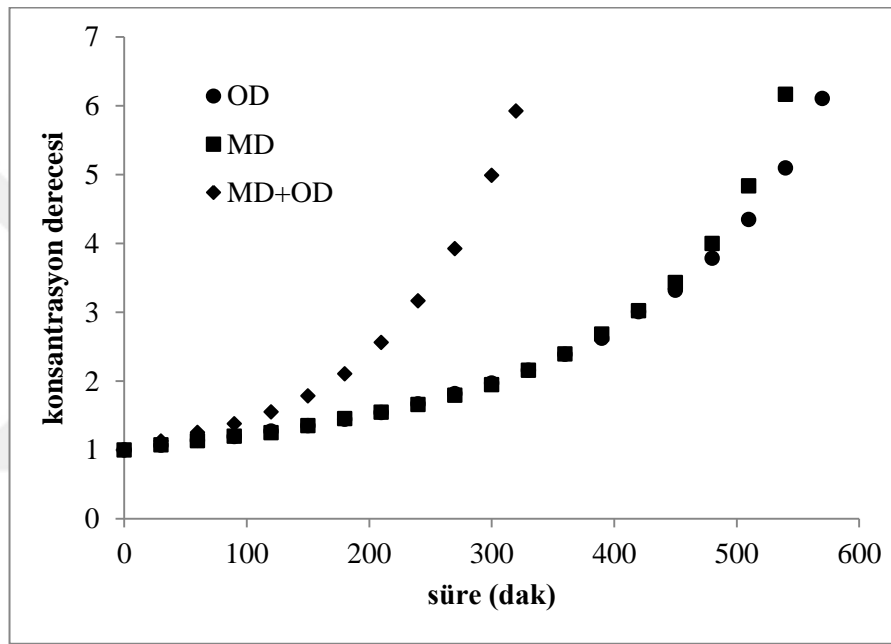
**Şekil 4.5.** Ozmotik destilasyon ile konsantrasyon sürecinde kullanılan tuz konsantrasyonunun zamanla değişimi

Tümleşik membran sistemi ile konsantrasyonda hem hipertonic tuz çözeltisi kullanılması ve hem de membran boyunca sıcaklık gradyeni oluşturulması dolayısıyla, her iki sürücü güçten de yararlanılmakta ve çok daha yüksek akı değerleri elde edilmektedir. Nitekim membran destilasyon ve ozmotik destilasyon sistemlerinde başlangıçta yaklaşık  $1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  düzeyinde olan evaporasyon akısı tümleşik sistem için  $2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  seviyelerindedir. Konsantrasyon prosesi sonunda evaporasyon akısında ortalama %30 düzeyinde bir azalma gözlenmiştir. Akının azalması noktasında önemli bir diğer etken de viskozitede meydana gelen artıştır. Özellikle konsantrasyonun son aşamalarında viskozitede meydana gelen artış, kütle

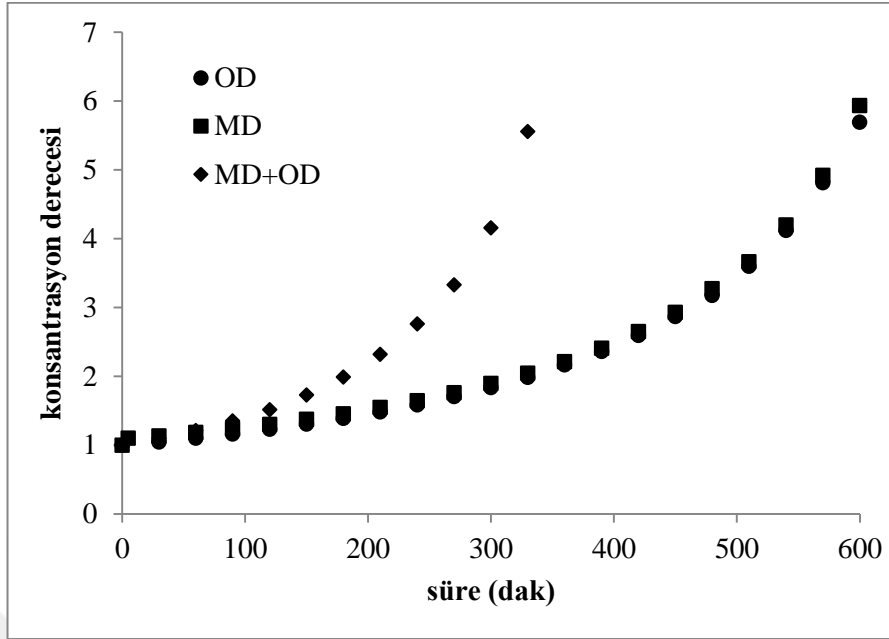
transferinin olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Koroknai ve ark. (2008), membran sistemleri ile konsantrasyon sırasında kuru madde içeriğinin %55'e çıkması ile viskozitedeki artışa bağlı olarak akının hızla azaldığını ifade etmektedir. Yine Cisse ve ark. (2011), konsantrasyonun son aşamasında viskozitenin eksponensiyel olarak arttığını ve bu durumun su transferine ciddi bir direnç oluşturduğunu ve bu anlamda akının önemli oranda azaldığını belirtmektedir. Evaporasyon akısı üzerine konsantrasyon polarizasyonu, sıcaklık polarizasyonu, kullanılan membran türü, akış hızı gibi faktörlerin de etkileri mevcuttur.

Geleneksel jelatin-bentonit yöntemi yanında farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırılan örneklerin farklı membran sistemleri ile konsantrasyonu sürecinde konsantrasyon derecesindeki değişimler Şekil 4.6-4.9'da ve bu anlamda farklı berraklaştırma yöntemlerinin etkilerinin konsantrasyon derecesi bakımından karşılaştırılması ise Şekil 4.10-4.13'te verilmektedir. Konsantrasyon yöntemlerinin etkisi bakımından akı noktasında gerçekleştirilen değerlendirmeler, konsantrasyon derecesi bakımından da geçerlidir. Nitekim konsantrasyon derecesi bakımından ulaşılan yaklaşık 6 değeri için membran destilasyon ve ozmotik destilasyon yöntemleri benzer veriler oluşturmuş ve ortalama 9.5-10 saat içerisinde bu değere ulaşılmıştır. Tümleşik membran sistemi için ise konsantrasyon derecesi 6 olana kadar yaklaşık 5,5 saat süre geçmiştir. Berraklaştırma yöntemlerinin konsantrasyon derecesi üzerine etkilerine bakıldığında ise 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımının bu anlamda farklılık yarattığı diğer uygulamaların (50 kDa ve 100 kDa gözenek çaplı ultrafiltrasyon membranları ve geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile berraklaştırma) ise nispeten birbirine benzer sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir. 30 kDa'luk ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örnekleri, konsantrasyon amacıyla kullanılan üç uygulamada da (membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik membran sistemi), konsantrasyon derecesi 6 değerine en hızlı ulaşılması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Konsantrasyon polarizasyonuna sebep olabilecek unsurların gözenek çapı daha küçük olan bu membranla daha yüksek seviyede uzaklaştırılmış olmasının, bu sonucun çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde membran sistemleri ile konsantrasyon öncesinde ultrafiltrasyon uygulamasının akının

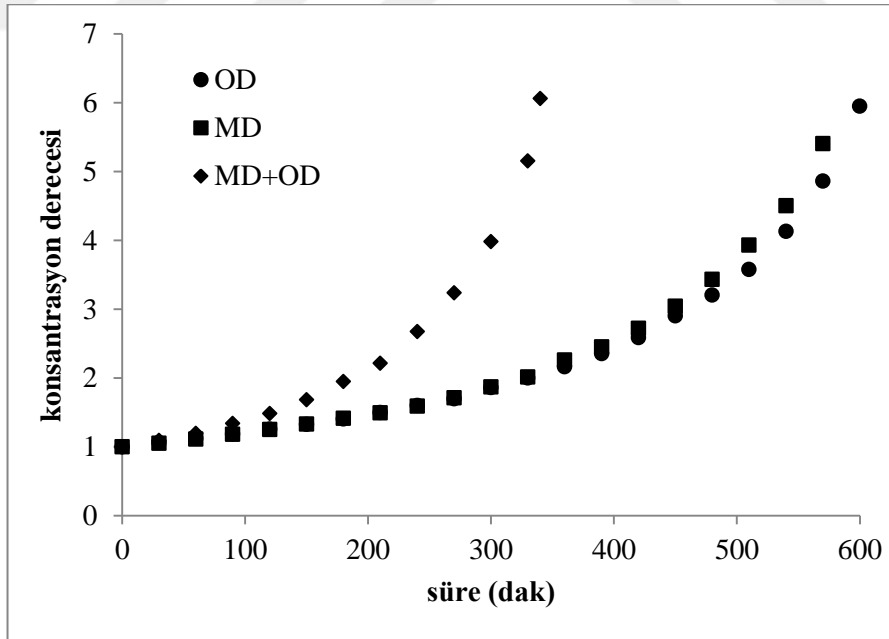
artması açısından olumlu sonuçlar verdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Jiao, 2004). Yine Bailey ve ark. (2000), üzüm sularının ozmotik destilasyon ile konsantrasyonu öncesinde 0,1  $\mu\text{m}$  ve altında gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırma işleminin evaporasyon akısı üzerine olumlu etkisinin olduğunu rapor etmektedir. Bununla birlikte Onsekizoğlu (2010), ultrafiltrasyon işleminde kullanılan membranın por çapının su transfer hızında önemli bir etkisinin olmadığını da bildirmektedir.



**Şekil 4.6.** 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi

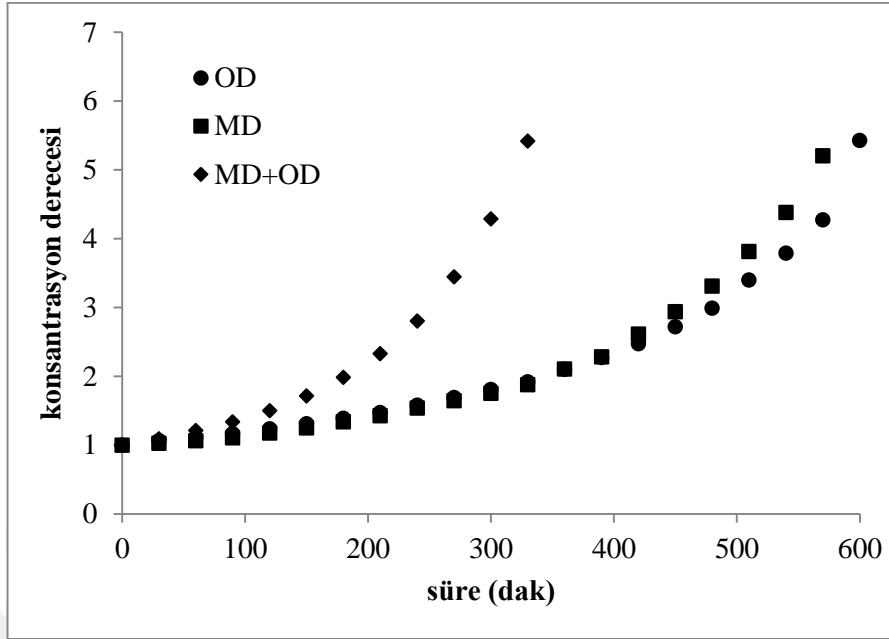


**Şekil 4.7.** 50 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi

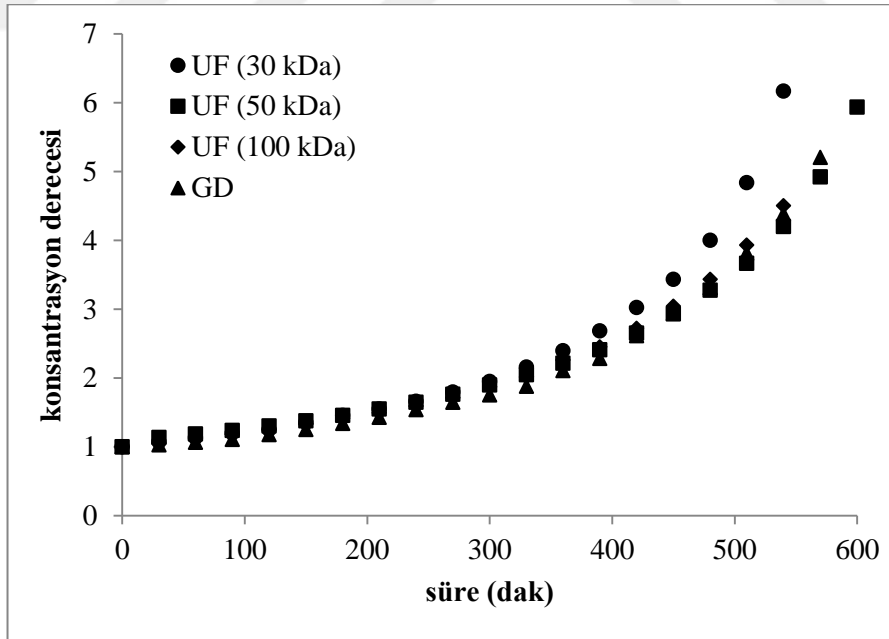


**Şekil 4.8.** 100 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi

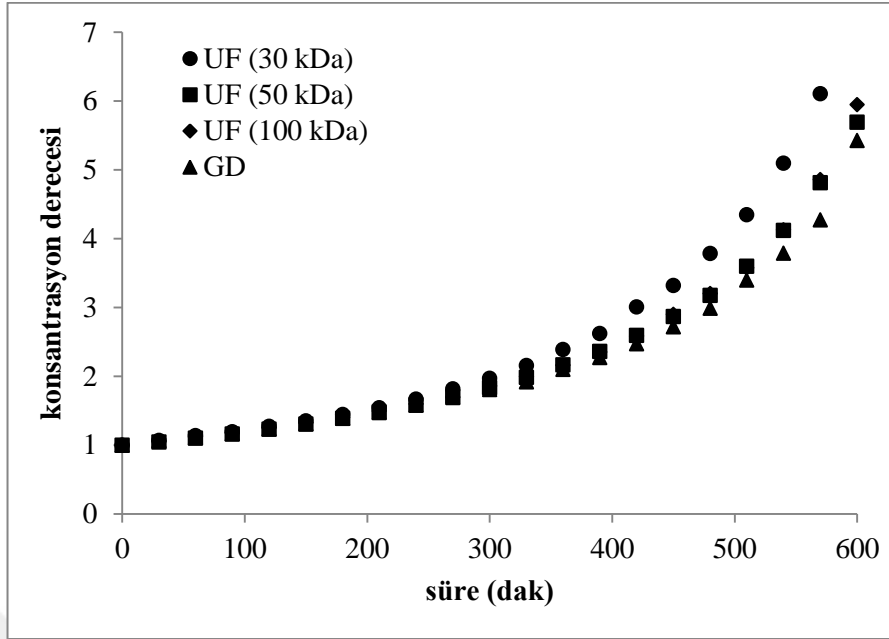




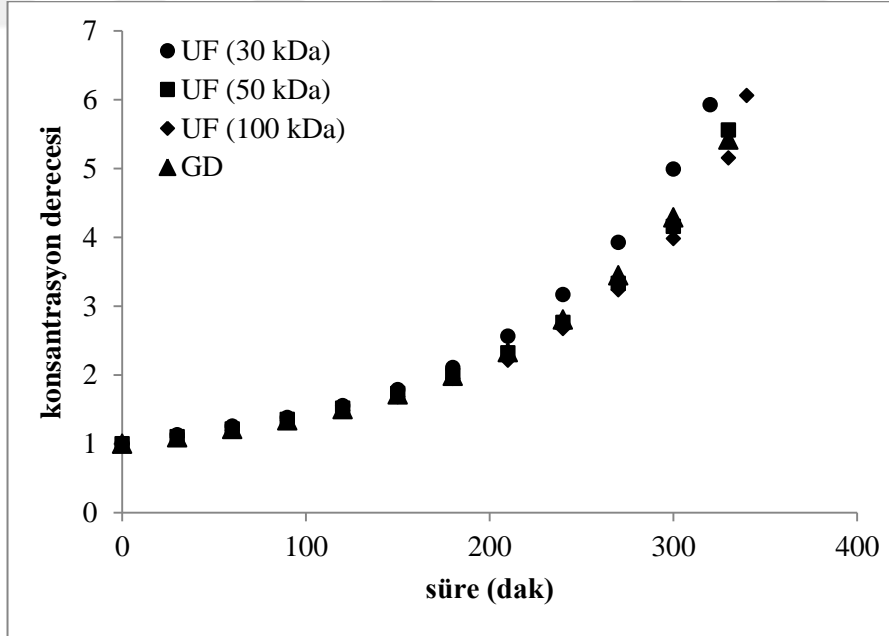
**Şekil 4.9.** Geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon (MD), ozmotik destilasyon (OD) ve tümleşik sistem (MD+OD) ile konsantrasyonunda konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi



**Şekil 4.10.** Farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları (30 kDa, 50 kDa ve 100 kDa) ve geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin membran destilasyon ile konsantrasyonu sırasında konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi



**Şekil 4.11.** Farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları (30 kDa, 50 kDa ve 100 kDa) ve geleneksel jelatin-benatonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin ozmotik destilasyon ile konsantrasyonu sırasında konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi



**Şekil 4.12.** Farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları (30 kDa, 50 kDa ve 100 kDa) ve geleneksel jelatin-benatonit yöntemi ile berraklaştırılmış siyah havuç suyu örneklerinin tümleşik membran sistemi ile konsantrasyonu sırasında konsantrasyon derecesinin zamanla değişimi

## 4.2. Farklı Berraklaştırma ve Konsantrasyon Yöntemlerinin Siyah Havuç Suyu Analitik Özellikleri Üzerine Etkileri

Geleneksel yöntem yanında, farklı büyüklükte gözenek çapına sahip ultrafiltasyon membranları kullanılarak berraklaştırılmış olan siyah havuç suyu örneklerinin, termal evaporasyon ve membran sistemleri ile konsantre edilmelerinin ardından başlangıç suda çözünür kuru madde içeriklerine (10.5°Bx) geri sulandırılması sonrasında pH, toplam asitlik ve toplam fenolik madde içeriklerine ilişkin veriler Çizelge 4.1’de sunulmaktadır.

Siyah havuç ham suyunda pH değeri 6,2 düzeyinde iken sitrik asit ilavesi ile yaklaşık 4,0 seviyelerine düşürülmesi sağlanmıştır. Bu pH seviyelerinde pektolitik enzimlerin optimum aktivite göstermeleri yanında antosiyaninler açısından da ko-pigmentasyon etkisi ile renk stabilizasyonunun iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Litaratür verilerine bakıldığında da pek çok çalışma siyah havuç suyu açısından pH değerinin yaklaşık 6 düzeyinde olduğunu belirtmektedir. Depektinizasyon işleminin ardından pH değeri az da olsa düşerek ve 3,9 seviyelerinde ölçülmüştür. Söz konusu azalmanın depektinizasyon sonrasında serbest kalan galakturonik asit gibi asidik bileşenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Berraklaştırma aşamasında ise gerek geleneksel jelatin-bentonit yöntemi ve gerekse ultrafiltrasyon uygulamasının pH üzerinde önemli bir etkisi saptanmamıştır. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin geri sulandırılması sonrası gerçekleştirilen analizlerde de berraklaştırma ve konsantrasyon işlemlerinin örneklerin pH değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir ( $p>0,05$ ) (Şekil 4.13 ve 4.14, Çizelge 4.2 ve 4.3).

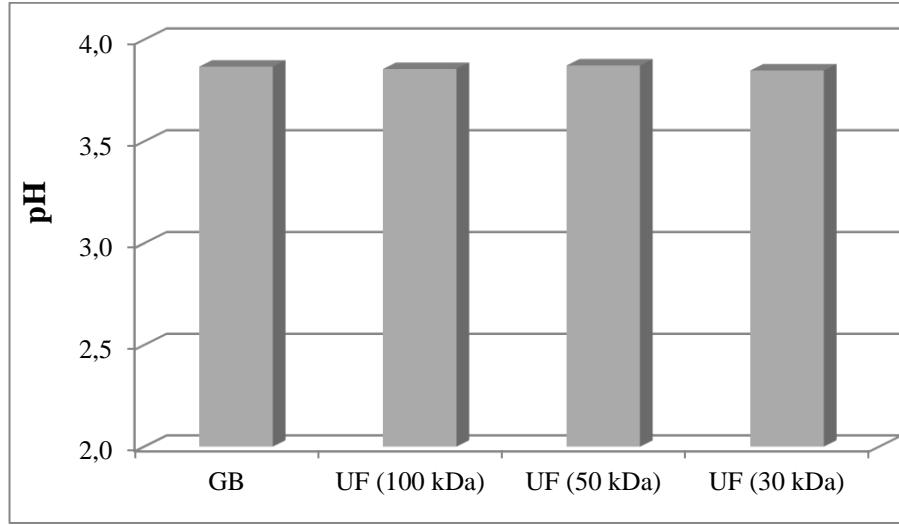
**Çizelge 4.1.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerin pH, titrasyon asitliği ve toplam fenolik madde içerikleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	pH	Toplam asitlik <sup>1</sup> , (%)	Toplam fenolik madde <sup>2</sup> , mg/L
1	GD	MD	3,86±0,03	0,81±0,00	5317±18
2	GD	OD	3,89±0,01	0,78±0,00	4932±135
3	GD	MD+OD	3,83±0,01	0,77±0,01	5575±104
4	GD	TE	3,90±0,00	0,78±0,01	4908±100
5	UF (100 kDa)	MD	3,84±0,01	0,78±0,01	4973±45
6	UF (100 kDa)	OD	3,88±0,02	0,78±0,00	5156±203
7	UF (100 kDa)	MD+OD	3,83±0,02	0,77±0,01	5319±112
8	UF (100 kDa)	TE	3,88±0,00	0,77±0,00	5217±66
9	UF (50 kDa)	MD	3,89±0,00	0,81±0,01	4881±81
10	UF (50 kDa)	OD	3,87±0,00	0,77±0,00	4710±119
11	UF (50 kDa)	MD+OD	3,86±0,00	0,78±0,00	4644±24
12	UF (50 kDa)	TE	3,88±0,00	0,79±0,00	5124±295
13	UF (30 kDa)	MD	3,84±0,02	0,77±0,01	4096±123
14	UF (30 kDa)	OD	3,85±0,02	0,79±0,00	4462±9
15	UF (30 kDa)	MD+OD	3,87±0,03	0,79±0,00	4405±8
16	UF (30 kDa)	TE	3,83±0,01	0,80±0,00	4219±49

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

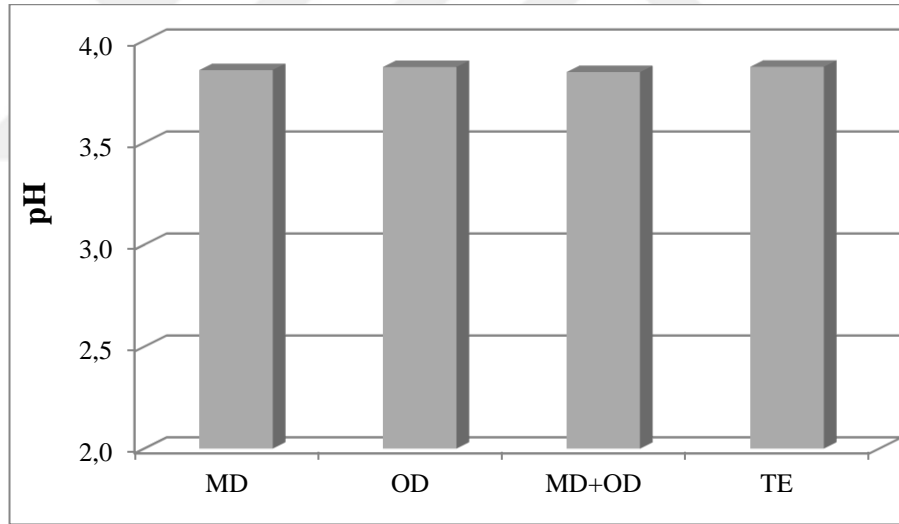
<sup>1</sup>: Toplam asitlik sitrik asit cinsinden ifade edilmiştir.

<sup>2</sup>: Toplam fenolik madde gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

**Şekil 4.13.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin ortalama pH değerleri



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

**Şekil 4.14.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin ortalama pH değerleri

**Çizelge 4.2.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun pH değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	3,87	0,03	3,82	3,90
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	3,86	0,03	3,81	3,90
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	3,87	0,01	3,86	3,89
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	3,85	0,02	3,82	3,89
Toplam	32	3,86	0,03	3,81	3,90

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,003	3	0,001	1,577	0,217
Gruplar içi	0,018	28	0,001		
Toplam	0,021	31			

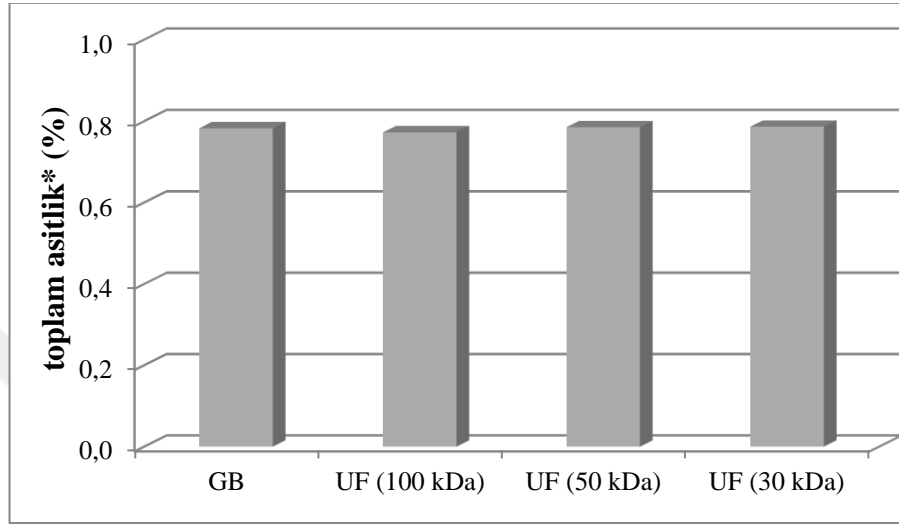
**Çizelge 4.3.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun pH değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	3,86	0,03	3,83	3,88
Ozmotik destilasyon (OD)	8	3,87	0,02	3,85	3,89
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	3,85	0,03	3,83	3,87
Termal evaporasyon	8	3,87	0,02	3,85	3,89
Toplam	32	3,86	0,03	3,85	3,87

ANOVA Tablosu

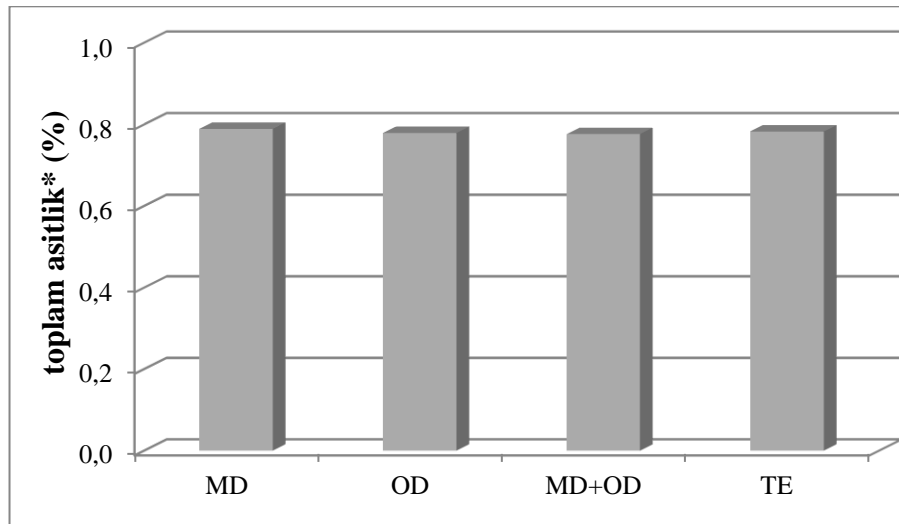
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,004	3	0,001	2,090	0,124
Gruplar içi	0,017	28	0,001		
Toplam	0,021	31			

Siyah havuç suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri, pH değerleri gibi üretim sürecinde uygulanan berraklaştırma ve konsantrasyon proseslerinden etkilenmemiş (şekil 4.15 ve 4.16), ve söz konusu proseslerin toplam asitlik üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ) (izelge 4.4 ve 4.5).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

**şekil 4.15.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri



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

**şekil 4.16.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri

**Çizelge 4.4.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam asitlik değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	0,78	0,02	0,76	0,81
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	0,77	0,01	0,76	0,78
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	0,78	0,01	0,77	0,81
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	0,79	0,01	0,76	0,80
Toplam	32	0,78	0,01	0,76	0,81

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,001	3	0,000	1,860	0,159
Gruplar içi	0,005	28	0,000		
Toplam	0,006	31			

**Çizelge 4.5.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam asitlik değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

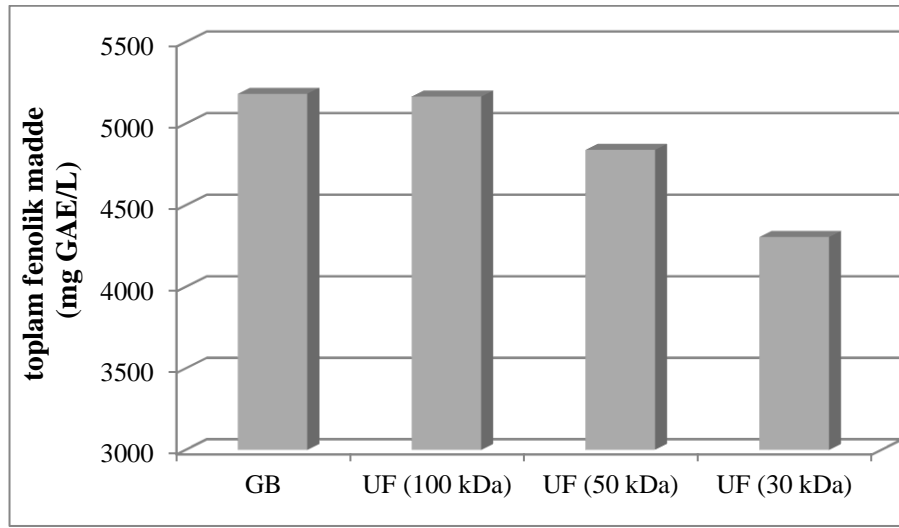
Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	0,79	0,02	0,76	0,81
Ozmotik destilasyon (OD)	8	0,78	0,01	0,77	0,79
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	0,78	0,01	0,76	0,79
Termal evaporasyon	8	0,78	0,01	0,77	0,80
Toplam	32	0,78	0,01	0,76	0,81

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,001	3	0,000	1,348	0,279
Gruplar içi	0,005	28	0,000		
Toplam	0,006	31			



Siyah havuç, yüksek düzeyde fenolik bileşen içeriğine sahip sebzelerden biri olup, gerek fenolik asitler ve gerekse flavonoidler açısından oldukça zengindir (Akhtar ve ark., 2017). Sağlık açısından da son derece önemli olan bu bileşenler, hammaddenin ürüne işlenmesi sırasında uygulanan değişik proseslerden farklı düzeylerde etkilenirler. Gerçekleştirilen araştırmalar fenolik madde içeriğinin proseste uygulanan ısı işlem koşulları ve oksidatif reaksiyonlar gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak azalabileceğini göstermekte, buna karşılık farklı proseslerin etkisiyle bağlı fenoliklerin serbest hale geçmesi neticesinde artışlar da söz konusu olabilmektedir. Bu çalışma kapsamında da depektinizasyon işleminin ardından örneklerin toplam fenolik madde içeriklerinde kısmı bir artış gözlenmiş, berraklaştırma aşaması ise farklı düzeylerde olmak üzere fenolik madde içeriğinin azalmasına yol açmıştır. Şekil 4.17’de geleneksel jelatin-bentonit ve farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırma işlemlerinin ardından konsantre edilen ve başlangıç kuru madde içeriğine seyreltilen örneklerdeki toplam fenolik madde içerikleri gösterilmektedir. Berraklaştırma amacıyla 100 kDa ultrafiltrasyon membranı kullanımı ya da geleneksel yöntemle berraklaştırma işleminin toplam fenolik madde üzerindeki etkilerinin benzer olduğu, buna karşılık ultrafiltrasyon gözenek çapının küçülmesine bağlı olarak daha fazla fenolik bileşenin retentat içerisinde tutulduğu ve toplam fenolik madde miktarında önemli düzeyde azalmalar olduğu görülmektedir. Nitekim geleneksel yöntemle ve 100 kDa ultrafiltrasyon membranı kullanılarak berraklaştırılan siyah havuç sularında toplam fenolik madde için saptanan ortalama değerler sırasıyla 5183 ve 5166 mg/L düzeyinde iken, 50 kDa ve 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları kullanımı neticesinde 4840 mg/L ve 4306 mg/L seviyelerine düşmüştür. İstatistiksel açıdan da berraklaştırma amacıyla geleneksel yöntem ve 100 kDa ultrafiltrasyon membranı kullanımı toplam fenolik madde açısından anlamlı bir fark yaratmamış ( $p>0,05$ ), buna karşılık ultrafiltrasyon membranlarının gözenek çaplarının bu noktada anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.6).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

**Şekil 4.17.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri

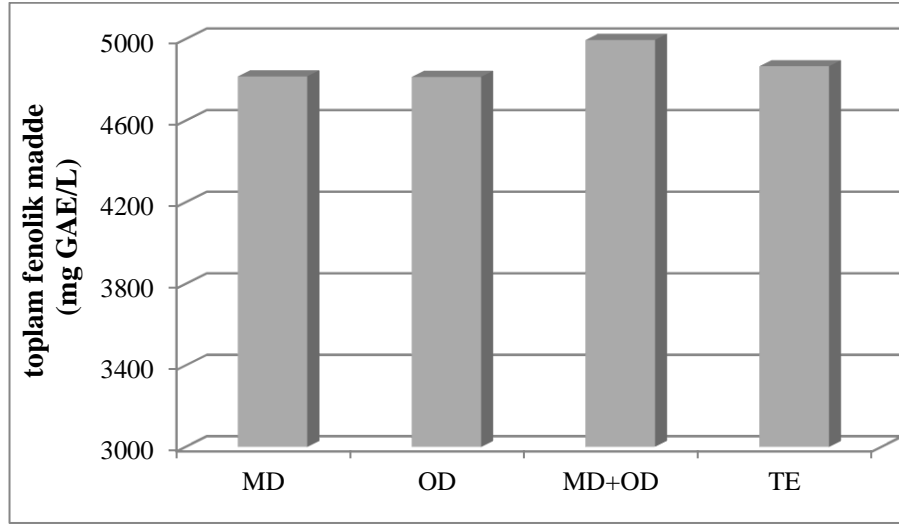
**Çizelge 4.6.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam fenolik madde değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	5183	316	4796	5679
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	5166	188	4929	5431
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	4840	265	4591	5419
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	4306	180	3974	4472
Toplam	32	4874	429	3974	5679

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	4040711	3	1346904	22,647	0,000
Gruplar içi	1665300	28	59475		
Toplam	5706010	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	5183±316 <sup>c</sup>	
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	5166±188 <sup>c</sup>	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	4840±265 <sup>b</sup>	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	4306±180 <sup>a</sup>	

Termal evaporasyon ve membran sistemleri ile konsantrasyon gerçekleştirilmesi durumunda örneklerdeki toplam fenolik madde içerikleri nispeten birbirine yakın değerlerde saptanmış olup (Şekil 4.18), istatistiksel olarak da örnekler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0,05$ ) (Çizelge 4.7).



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

**Şekil 4.18.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri

**Çizelge 4.7.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam fenolik madde değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	4817	485	3974	5335
Ozmotik destilasyon (OD)	8	4815	311	4453	5358
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	4996	505	4438	5679
Termal evaporasyon	8	4867	452	4170	5419
Toplam	32	4874	429	3974	5679

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	173213	3	57738	0,292	0,831
Gruplar içi	5532798	28	197600		
Toplam	5706010	31			

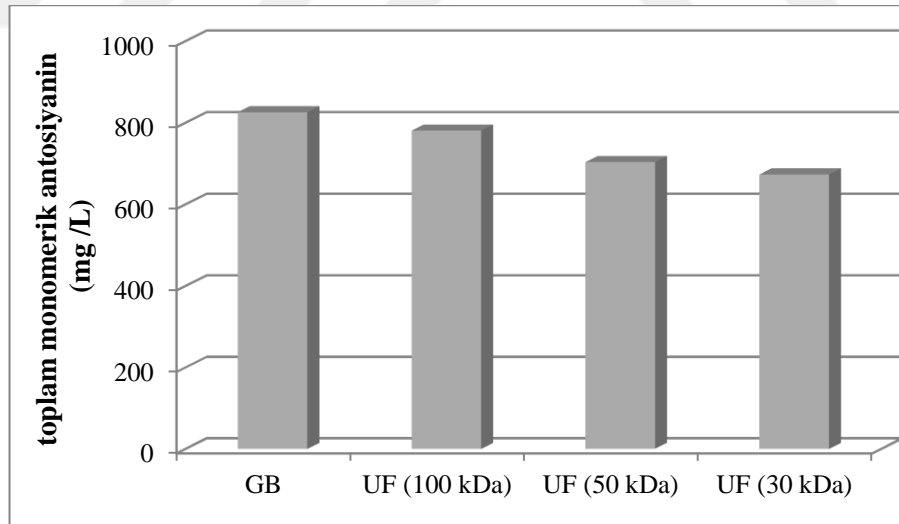
Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemi uygulanan siyah havuç suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin, renk yoğunluğu, polimerik renk ve polimerik renk oranı analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmektedir.

**Çizelge 4.8.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin antosiyanin miktarları ile renk yoğunluğu, polimerik renk ve polimerik renk oranı değerleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	Antosiyanin, mg/L	Renk yoğunluğu	Polimerik renk	Polimerik renk oranı
1	GD	MD	911,0±34,3	45,50±1,27	4,58±0,52	10,03±0,85
2	GD	OD	952,9±31,5	43,30±1,70	4,00±0,14	9,23±0,05
3	GD	MD+OD	880,9±22,6	44,65±1,25	4,40±0,22	9,88±0,77
4	GD	TE	557,8±13,4	37,59±1,21	9,06±0,77	24,18±2,81
5	UF (100 kDa)	MD	834,1±19,2	41,58±1,42	2,46±0,16	5,94±0,59
6	UF (100 kDa)	OD	874,2±22,6	40,06±1,72	2,18±0,15	5,47±0,61
7	UF (100 kDa)	MD+OD	903,4±13,4	39,58±0,28	2,53±0,02	6,39±0,01
8	UF (100 kDa)	TE	511,0±3,3	33,18±1,80	8,05±1,40	24,09±2,90
9	UF (50 kDa)	MD	783,2±5,0	40,03±0,12	2,25±0,07	5,62±0,16
10	UF (50 kDa)	OD	861,7±6,6	34,35±1,95	1,84±0,04	5,37±0,19
11	UF (50 kDa)	MD+OD	711,4±10,0	35,18±0,88	2,09±0,00	5,93±0,16
12	UF (50 kDa)	TE	457,6±13,4	33,95±0,20	8,68±0,11	25,55±0,19
13	UF (30 kDa)	MD	758,2±31,8	33,92±0,36	2,45±0,04	7,22±0,04
14	UF (30 kDa)	OD	772,4±12,6	33,46±0,41	1,86±0,09	5,56±0,20
15	UF (30 kDa)	MD+OD	728,6±10,6	33,01±0,07	2,03±0,13	6,14±0,39
16	UF (30 kDa)	TE	434,2±13,4	36,21±0,52	9,62±0,64	26,60±2,16

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

Fenolik maddeler içerisinde en önemli gruplardan birini oluşturan antosiyaninler, gerek renk verme özellikleri dolayısıyla gıdalarda kullanılan yapay renk maddelerine alternatif olmaları ve gerekse çeşitli hastalıkların önlenmesinde önemli olan antioksidan özellikleri nedeniyle son derece önemli bir grubu oluşturmaktadır (Patras ve ark., 2010). Bu anlamda siyah havuç antosiyaninleri de özellikle allura kırmızısı olarak adlandırılan ve sentetik olarak üretilen FD&C Red 40 (E129) ve koşineal adlı böceklerden elde edilen ve karmin kırmızısı (E120) olarak belirtilen boyalara önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Farklı berraklaştırma aşamaları sonrasında siyah havuç suyu örneklerinde tespit edilen toplam monomerik antosiyanin miktarları Şekil 4.19'da gösterilmektedir. Toplam antosiyanin bakımından en yüksek skorların geleneksel jelatin-bentonit durultması gerçekleştirilen örneklerde olduğu, ultrafiltre edilerek berraklaştırılan örneklerde ise gözenek çapının küçülmesine bağlı olarak antosiyanin miktarının da azaldığı görülmeye karşın, istatistiksel değerlendirmede söz konusu berraklaştırma yöntemlerinin toplam antosiyanin bakımından anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

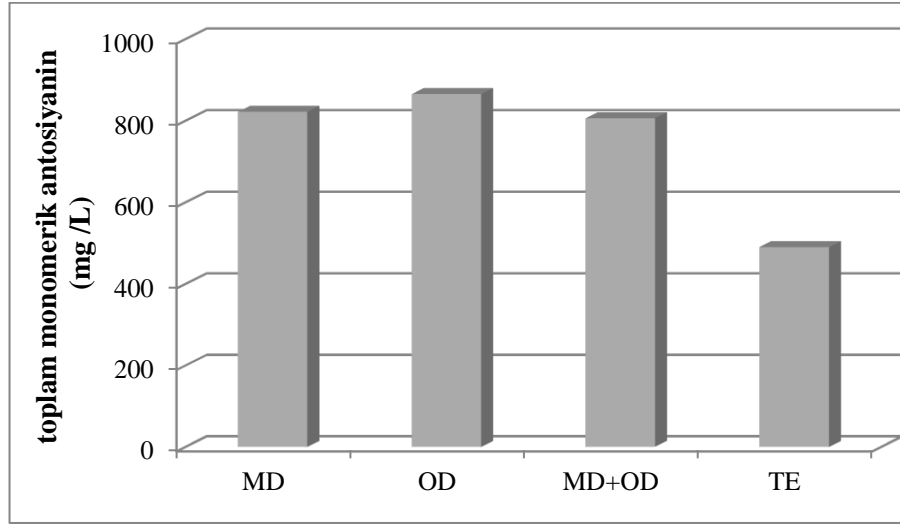
**Şekil 4.19.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri

**Çizelge 4.9.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	826	170	544	984
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	781	169	508	917
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	703	162	444	868
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	673	150	421	790
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>746</b>	<b>167</b>	<b>421</b>	<b>984</b>

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	117091	3	39030	1,467	0,245
Gruplar içi	745197	28	26614		
<b>Toplam</b>	<b>862287</b>	<b>31</b>			

Şekil 4.20’de ise termal evaporasyon ve farklı membran sistemleri ile konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerindeki antosiyanin miktarları gösterilmiştir. Termal evaporasyon uygulanan örneklerde tespit edilen antosiyanin miktarı, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklere kıyasla yaklaşık %40 daha azdır. Benzer sonuçlar Karagöz (2019) tarafından karadut suyu ile gerçekleştirilen konsantrasyon çalışmalarında da gözlenmiş ve burada da %50 düzeyinde bir azalma tespit edilmiştir. Membran sistemleri ise kendi aralarında karşılaştırıldığında antosiyanin içeriği açısından anlamlı bir farklılık oluşturmamıştır (Çizelge 4.10). Antosiyaninler genel olarak stabil olmayan bileşikler olup, özellikle ısı işlem gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak kolaylıkla degrade olabilmektedirler. Suzme ve ark. (2014) tarafından gerçekleştirilen araştırmada da endüstriyel ölçekte siyah havuç suyu konsantrasyonu sırasında toplam monomerik antosiyanin içeriğinde tüm proses boyunca %44 düzeyinde bir azalma olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte proses sırasında özellikle presleme ve ekstraksiyon aşamalarında antosiyanin içeriğinde artışlar gözlenmiş, sadece konsantrasyon prosesi dikkate alındığında ise yaklaşık %67’lik bir azalma tespit edilmiştir.



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

**Şekil 4.20.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri



**Çizelge 4.10.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun toplam monomerik antosiyanin içerikleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	822	68	726	945
Ozmotik destilasyon (OD)	8	865	72	760	984
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	806	94	701	917
Termal evaporasyon	8	490	53	421	571
Toplam	32	746	167	421	984

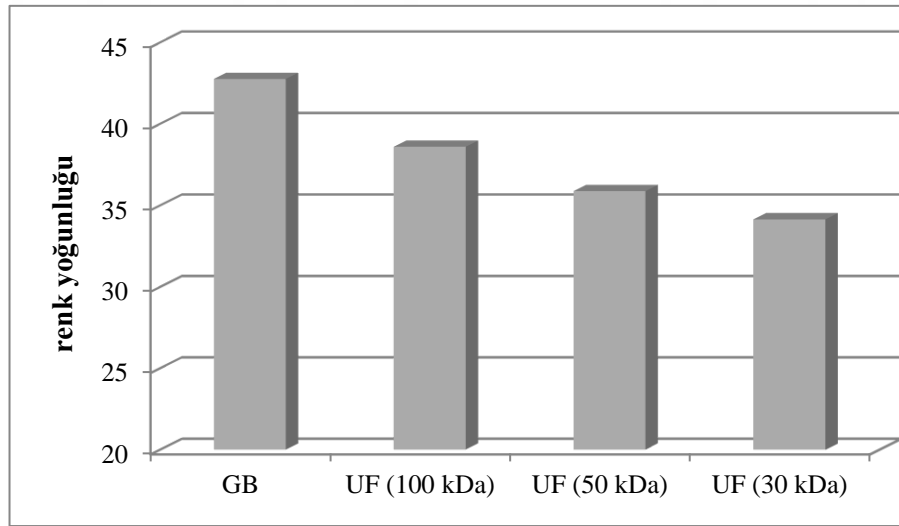
ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	712251	3	237417	44,307	0,000
Gruplar içi	150036	28	5358		
Toplam	862287	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi					
Membran destilasyon (MD)			822±68 <sup>b</sup>		
Ozmotik destilasyon (OD)			865±72 <sup>b</sup>		
Tümleşik sistem (OD+MD)			806±94 <sup>b</sup>		
Termal evaporasyon			490±53 <sup>a</sup>		

\* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri Şekil 4.21’de verilmektedir. Jelatin ve bentonit kullanılarak gerçekleştirilen berraklaştırma işlemi neticesinde elde edilen renk yoğunluğu değerleri, ultrafiltrasyon yöntemi ile berraklaştırılan örneklere kıyasla daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir (p<0,05). Yine kullanılan ultrafiltrasyon membranı gözenek çapının da bu noktada etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.11). Siyah havuç gibi ürünler açısından renk üzerine en yüksek düzeyde etkili bileşenlerin başında antosiyaninler gelmektedir. Dolayısıyla antosiyanin içeriği fazla olan ürünlerde renk yoğunluğu değerleri de yüksek çıkmaktadır. Bununla birlikte çeşitli etkenler neticesinde antosiyaninlerin parçalanması neticesinde oluşan ürünler de renk üzerine etkili olabilmektedir. Bu

durumun gözle algılanması ise oldukça zor olup, hatta daha yoğun bir renk şeklinde yanlış algılamalar da söz konusu olabilmektedir. Nitekim antosiyanin parçalanma ürünlerinin polimerizasyonu ile esmer-siyah renkli bileşikler oluşmakta ve bu durum da gözle yanlış algılanmaktadır (Özkan ve ark., 2010). Bu nedenle renk yoğunluğu değeri yanında polimerik renk ve polimerik renk oranının da değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Şekil 4.22’de görüldüğü gibi renk yoğunluğu yüksek olan ve geleneksel yöntemle berraklaştırılmış örneklerin polimerik renk düzeylerinin de, ultrafiltasyon ile berraklaştırılan örneklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Polimerik yapıdaki fenolik bileşenlerin ultrafiltrasyon membranları tarafından tutulması bu sonucun alınmasında etkili olabilir. Bununla birlikte söz konusu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı da tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Renk yoğunluğunun polimerik renk değerine oranlanması elde edilen polimerik renk oranı açısından da geleneksel yöntemle berraklaştırılan örnekler kısmen daha yüksek verilere sahip olsa da (Şekil 4.23), bu gruplar arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık söz konusu değildir (Çizelge 4.13).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

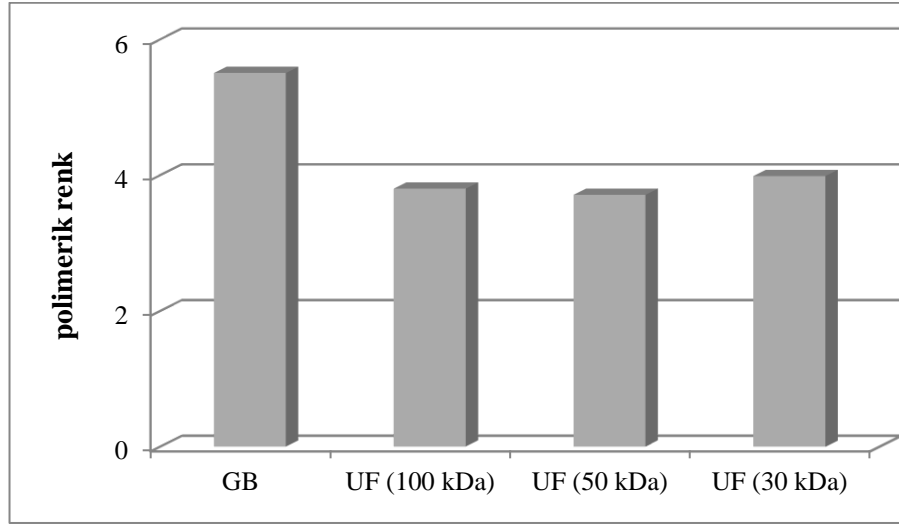
**Şekil 4.21.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri

**Çizelge 4.11.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun renk yoğunluğu değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	42,76	3,61	36,38	46,77
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	38,60	3,77	31,38	43,00
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	35,88	2,85	32,40	40,15
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	34,15	1,38	32,94	36,73
Toplam	32	37,84	4,39	31,38	46,77

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	338,026	2	112,675	12,115	0,000
Gruplar içi	260,411	28	9,300		
Toplam	598,437	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	42,76±3,61 <sup>c</sup>	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	38,60±3,77 <sup>b</sup>	
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	35,88±2,85 <sup>ab</sup>	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	34,15±1,38 <sup>a</sup>	



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

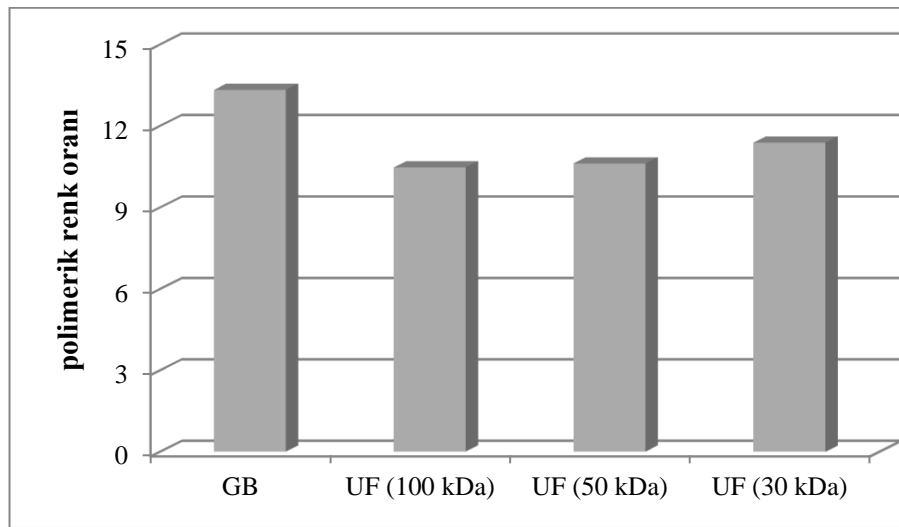
**Şekil 4.22.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk değerleri

**Çizelge 4.12.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	5,51	2,26	3,86	9,82
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	3,80	2,73	2,03	9,44
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	3,71	3,07	1,80	8,79
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	3,99	3,50	1,77	10,26
Toplam	32	4,25	2,88	1,77	10,26

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	17,075	3	5,692	0,665	0,580
Gruplar içi	239,549	28	8,555		
Toplam	256,625	31			



GB: Geleneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

**Şekil 4.23.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk oranları

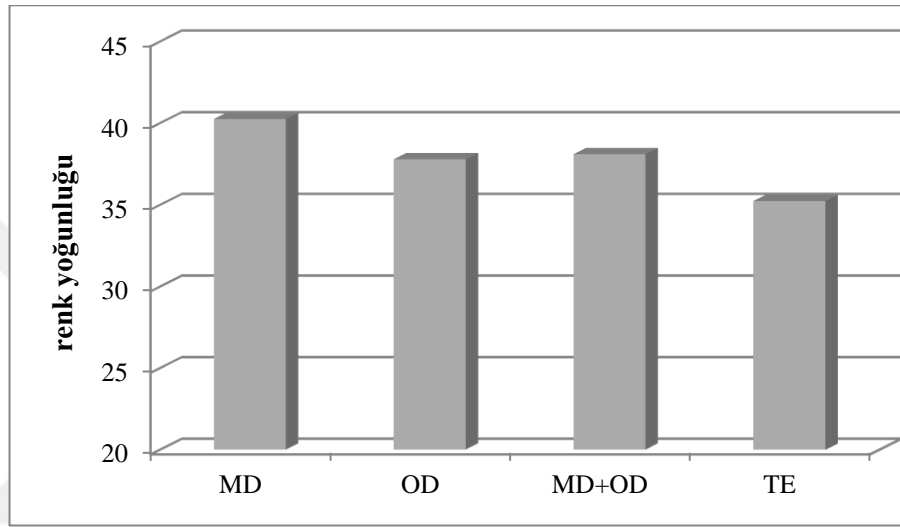
**Çizelge 4.13.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk oranları üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	13,33	6,90	9,11	26,99
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	10,47	8,57	4,86	26,99
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	10,62	9,22	5,18	25,74
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	11,38	9,49	5,36	28,76
Toplam	32	11,45	8,26	4,86	28,76

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	41,503	3	13,834	0,187	0,904
Gruplar içi	2072,514	28	74,018		
Toplam	2114,016	31			

Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri Şekil 4.24'te verilmektedir. Membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerde tespit edilen renk yoğunluğu değerleri, termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklere kıyasla az da olsa yüksek olmakla birlikte, gruplar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir ( $p>0,05$ ) (Çizelge 4.14).



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

**Şekil 4.24.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri

**Çizelge 4.14.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun renk yoğunluğu değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

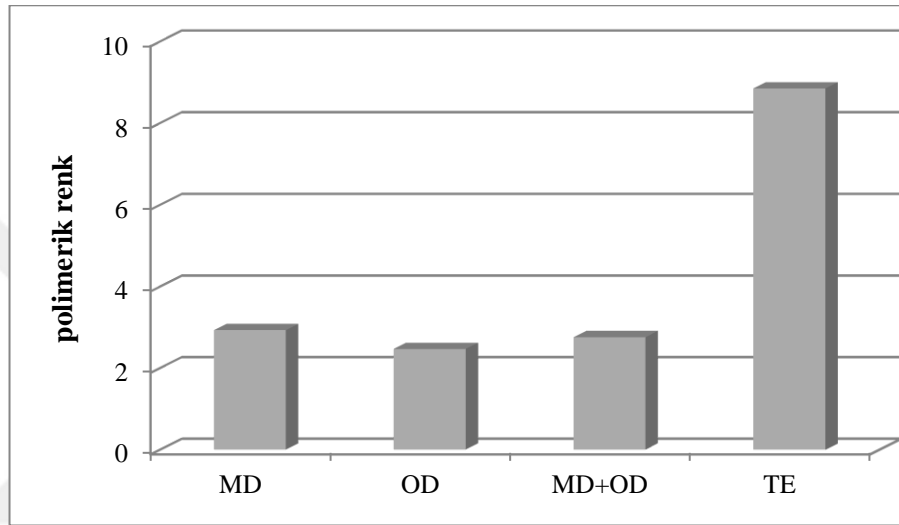
Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	40,26	4,57	33,56	46,77
Ozmotik destilasyon (OD)	8	37,79	4,66	32,40	44,99
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	38,10	4,84	32,94	45,89
Termal evaporasyon	8	35,23	2,23	31,38	38,80
Toplam	32	37,84	4,39	31,38	46,77

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	101,716	3	33,905	1,911	0,151
Gruplar içi	496,721	28	17,740		
Toplam	598,437	31			

Membran sistemleri ile konsantrasyon uygulaması, polimerik renk ve polimerik renk oranları bakımından geleneksel termal evaporasyona kıyasla çok önemli avantajlar ortaya koymuştur. Nitekim termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerde saptanan polimerik renk değerleri, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklere kıyasla yaklaşık 3 kat daha fazladır (Şekil 4.25, Çizelge 4.15). Polimerik renk oranı açısından bakıldığında da membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerde %4,86-10,88 aralığında saptanan bu değer, geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerde %21,19-28,76 (ortalama %25,11) seviyesinde belirlenmiştir (Şekil 4.26). Termal evaporasyon sırasında uygulanan ısı işlem, antosiyaninlerin degradasyonuna yol açabilmekte ve bu anlamda söz konusu örneklerdeki polimerik renk oranlarının yüksek çıkmasına sebebiyet vermektedir. Karagöz (2019) tarafından karadut suyunda gerçekleştirilen çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş ve membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerin polimerik renk oranı değerinin %10'un altında olduğu, termal evaporasyon sonrasında ise %25 düzeyinde bulunduğu rapor edilmiştir. Ozmotik destilasyon, membran destilasyon ve tümleşik sistemin kıyaslanması durumunda ise

söz konusu membran sistemleri ile konsantrasyonun örneklerin polimerik renk oranı değerleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.16). Gerek membran destilasyon ve gerekse tümleşik sistemde 35°C sıcaklığa kadar bir uygulama gerçekleştirilmiş olmasına karşın, bu düzeyde bir ısıl işlemin konsantrasyon süresince antosiyanin degradasyonu açısından etkisi sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir.



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

**Şekil 4.25.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk değerleri



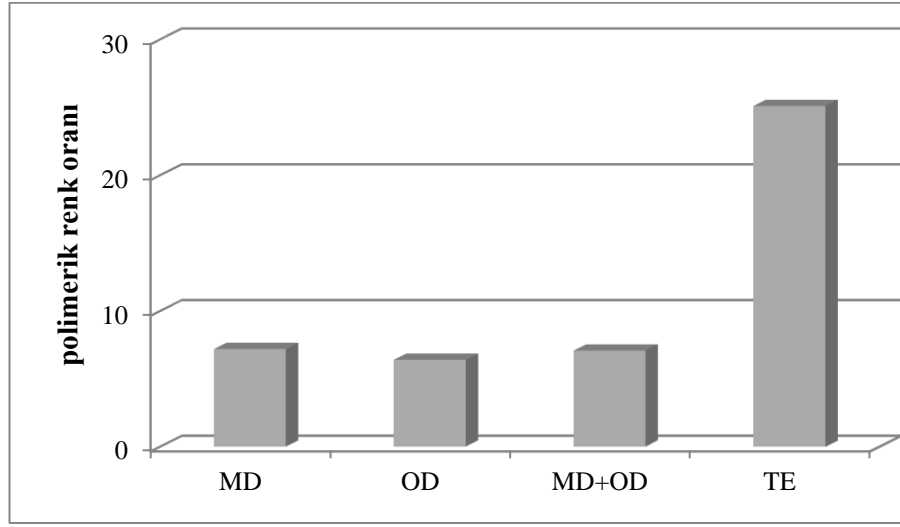
**Çizelge 4.15.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	2,93	1,06	2,18	5,09
Ozmotik destilasyon (OD)	8	2,47	0,96	1,77	4,13
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	2,76	1,04	1,90	4,62
Termal evaporasyon	8	8,85	1,10	6,65	10,26
Toplam	32	4,25	2,88	1,77	10,26

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	226,191	3	75,397	69,369	0,000
Gruplar içi	30,433	28	1,087		
Toplam	256,625	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi					
Membran destilasyon (MD)			2,93±1,06 <sup>a</sup>		
Membran destilasyon (MD)			2,93±1,06 <sup>a</sup>		
Ozmotik destilasyon (OD)			2,47±0,96 <sup>a</sup>		
Tümleşik sistem (OD+MD)			2,76±1,04 <sup>a</sup>		
Termal evaporasyon			8,85±1,10 <sup>b</sup>		

\* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)



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

**Şekil 4.26.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin polimerik renk oranları

**Çizelge 4.16.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun polimerik renk oranları üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	7,20	1,94	5,35	10,88
Ozmotik destilasyon (OD)	8	6,41	1,78	4,86	9,28
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	7,08	1,80	5,74	10,65
Termal evaporasyon	8	25,11	2,69	21,19	28,76
Toplam	32	11,45	8,26	4,86	28,76

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	1992,201	3	664,067	152639	0,000
Gruplar içi	121,816	28	4,351		
Toplam	2114,016	31			

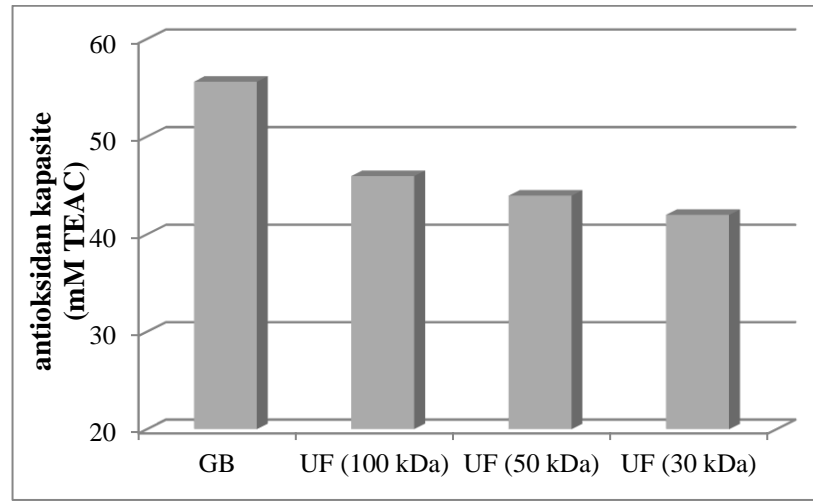
Duncan çoklu karşılaştırma testi					
Membran destilasyon (MD)			7,20±1,94 <sup>a</sup>		
Ozmotik destilasyon (OD)			6,41±1,78 <sup>a</sup>		* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Tümleşik sistem (OD+MD)			7,08±1,80 <sup>a</sup>		
Termal evaporasyon			25,11±2,69 <sup>b</sup>		

Farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen siyah havuç suyu örneklerinin antioksidan kapasite ve HMF içerikleri Çizelge 4.17’de verilmektedir. Bilindiği üzere antioksidan etkili bileşenler serbest radikalleri sönmüleyici özellikleri dolayısıyla çeşitli hastalıkların önlenmesi açısından son derece önemli rollere sahip olup, siyah havuç suyu açısından bu anlamda özellikle fenolik bileşenlerin antioksidan kapasiteye katkı sağladığı söylenebilir. Geleneksel jelatin-bentonit yöntemiyle berraklaştırılan örneklerin antioksidan kapasiteleri, ultrafiltrasyon ile berraklaştırılan örneklere göre daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir (Şekil 4.27, Çizelge 4.18). Ultrafiltrasyon sırasında kullanılan membranın gözenek çapı küçüldükçe, bu örneklerde belirlenen antioksidan kapasite değerleri de düşmüştür.

**Çizelge 4.17.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin antioksidan kapasite ve HMFiğerikleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	Antioksidan kapasite, mM TEAC	HMF, mg/L
1	GD	MD	56,55±9,14	t.e.
2	GD	OD	61,83±0,17	t.e.
3	GD	MD+OD	56,74±3,52	t.e.
4	GD	TE	47,45±0,76	1,5±0,2
5	UF (100 kDa)	MD	45,23±6,06	t.e.
6	UF (100 kDa)	OD	48,00±1,53	t.e.
7	UF (100 kDa)	MD+OD	54,03±1,77	t.e.
8	UF (100 kDa)	TE	36,63±3,24	1,2±0,1
9	UF (50 kDa)	MD	39,57±6,47	t.e.
10	UF (50 kDa)	OD	44,38±5,21	t.e.
11	UF (50 kDa)	MD+OD	47,26±0,14	t.e.
12	UF (50 kDa)	TE	44,65±1,34	1,2±0,1
13	UF (30 kDa)	MD	42,82±0,60	t.e.
14	UF (30 kDa)	OD	45,19±1,47	t.e.
15	UF (30 kDa)	MD+OD	49,13±2,23	t.e.
16	UF (30 kDa)	TE	30,81±0,26	2,3±0,3

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



**Şekil 4.27.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri

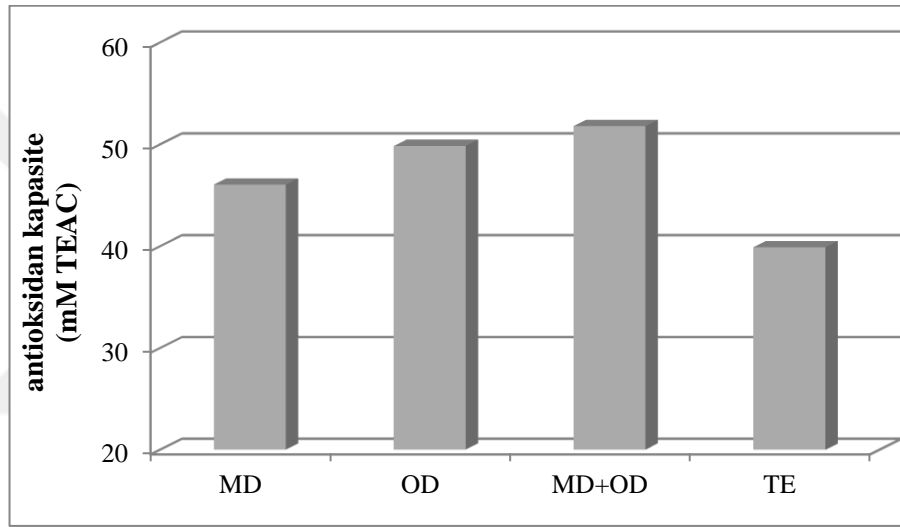
**Çizelge 4.18.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun antioksidan kapasite içerikleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	55,64	7,63	46,69	65,69
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	45,97	7,74	33,39	55,79
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	43,96	5,39	33,10	49,59
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	41,99	7,45	30,55	51,36
Toplam	32	46,89	8,61	30,55	65,69

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	880,633	2	293,544	5,793	0,003
Gruplar içi	1418,869	28	50,674		
Toplam	2299,502	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	55,64±7,63 <sup>b</sup>	
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	45,97±7,74 <sup>a</sup>	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	43,96±5,39 <sup>a</sup>	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	41,99±7,45 <sup>a</sup>	

Geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerin antioksidan kapasite içerikleri membran yöntemleri ile konsantre edilen örneklere kıyasla daha düşük düzeyde tespit edilmiştir (Şekil 4.28, Çizelge 4.19). Bu durum termal evaporasyon sırasında uygulanan ısı işleme bağlı olarak antioksidan etkili bileşenlerdeki kayıpların bir sonucudur. Suzme ve ark. (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da termal evaporasyonun uygulandığı endüstriyel siyah havuç suyu konsantresi üretimi sırasında antioksidan kapasite içeriğinin yaklaşık %70 düzeyinde azaldığını bildirmişlerdir.



**Şekil 4.28.** Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri

**Çizelge 4.19.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun antioksidan kapasite içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

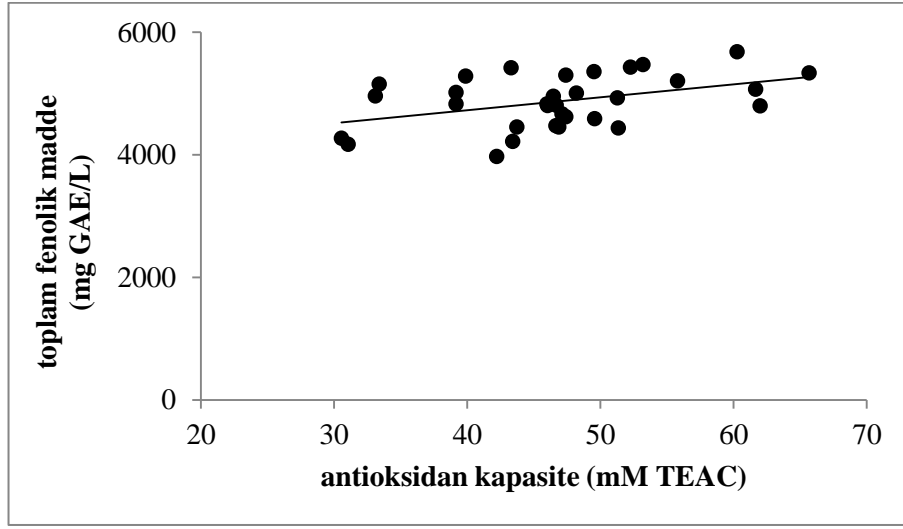
Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	46,04	9,65	33,10	65,69
Ozmotik destilasyon (OD)	8	49,85	8,11	39,17	62,01
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	51,79	4,71	46,89	60,26
Termal evaporasyon	8	39,89	7,29	30,55	48,22
Toplam	32	46,89	8,61	30,55	65,69

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	660,230	3	220,077	3,759	0,022
Gruplar içi	1639,272	28	58,545		
Toplam	2299,502	31			

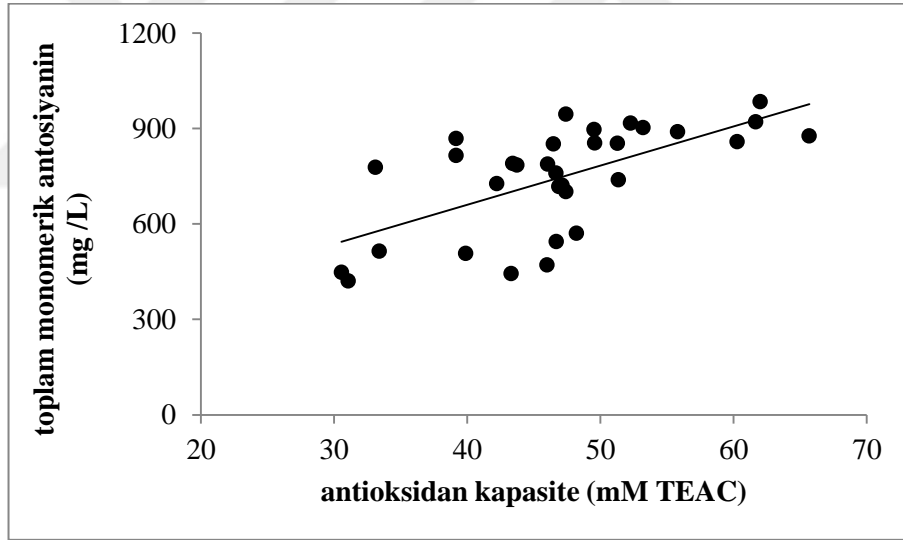
Duncan çoklu karşılaştırma testi					
Membran destilasyon (MD)	46,04±9,65 <sup>ab</sup>				
Ozmotik destilasyon (OD)	49,85±8,11 <sup>b</sup>				
Tümleşik sistem (OD+MD)	51,79±4,71 <sup>b</sup>				
Termal evaporasyon	39,89±7,29 <sup>a</sup>				

\* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Literatür verileri meyve ve sebzelerin fenolik bileşen içerikleri ile antioksidan kapasite arasında pozitif yönlü korelasyon mevcut olduğunu ifade etmektedir. Şekil 4.29 ve 4.30'da siyah havuç suyunun antioksidan kapasite içeriği ile toplam fenolik madde ve fenoliklerin çok önemli bir grubunu oluşturan antosiyanin konsantrasyonu arasındaki ilişki gösterilmiştir. Her iki ilişkiye ait tespit edilen Pearson korelasyon katsayıları sırasıyla +0,422 ve +0,636 olup, bu anlamda antioksidan kapasite - toplam fenolik madde ilişkisinin p=0,05 düzeyinde, antioksidan kapasite – antosiyanin içeriğinin ise p=0,01 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Bu veriler siyah havuç suyu antosiyanin içeriğinin antioksidan kapasiteye katkısının da güçlü olduğunu göstermektedir.



**Şekil 4.29.** Siyah havuç suyu örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite içerikleri arasındaki ilişki



**Şekil 4.30.** Siyah havuç suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin ve antioksidan kapasite içerikleri arasındaki ilişki



Gıdaların işlenmeleri sırasında HMF oluşumu, ısıl işlem kaynaklı olumsuzlukların bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Isıl işlem yanında özellikle asidik karakterli gıdaların uygun olmayan şartlarda depolanmaları sürecinde de HMF oluşumu söz konusu olabilmektedir. Bu anlamda çeşitli gıdalar açısından gıdalarda bulunan HMF miktarı, önemli bir kalite kriteri olarak kabul edilmektedir. HMF'nin toksikolojik etkileri konusunda çelişkili sonuçlar bulunmakla birlikte, gıdalarda bulunan HMF'nin azaltılması noktasında fikir birliği mevcuttur. Bu araştırmada elde edilen veriler, konsantrasyon amacıyla sadece geleneksel termal evaporasyon yöntemi kullanıldığında HMF oluşumu gerçekleştiğini (Çizelge 4.17) göstermektedir. Buna karşılık membran sistemleri ile konsantrasyon sonrasında ürünlerde HMF tespit edilmemiştir. Onsekizoğlu ve ark. (2010) tarafından elma sularında gerçekleştirilen çalışmada da membran sistemleri ile konsantrasyonda HMF oluşumu belirlenmezken, termal evaporasyon kullanımı durumunda ise üründe HMF oluştuğu bildirilmektedir. Yine Bahçeci ve ark. (2015), domates sularının konsantrasyonunda membran sistemlerinden yararlanılmasının üründe HMF oluşumuna katkı sağlamadığı ifade edilmektedir.

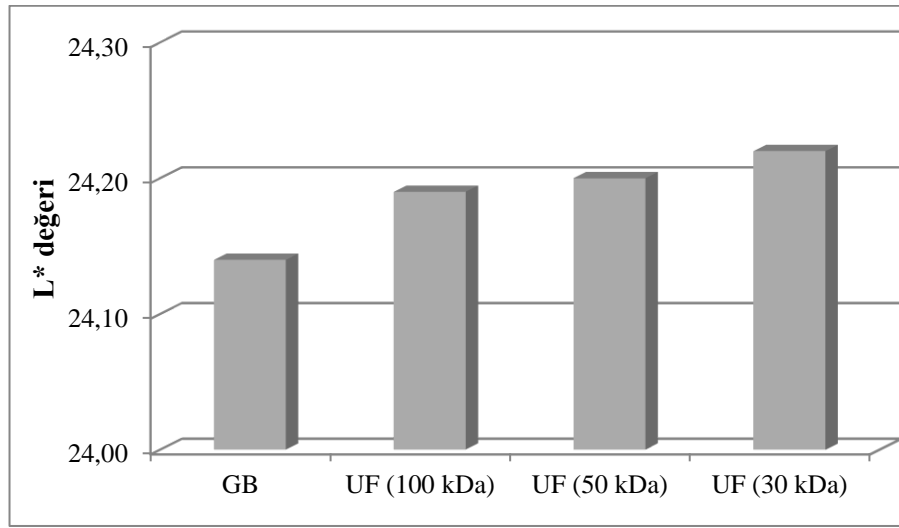
Geleneksel durultma ve ultrafiltrasyon ile berraklaştırılan örneklerin, farklı membran sistemleri ve termal evaporasyon ile konsantre edildikten sonra başlangıç suda çözünür kuru madde içeriğine geri sulandırılması sonrasında gerçekleştirilen renk analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmektedir. Bilindiği üzere renk, bir gıdanın tüketiciler açısından kabul edilebilirliğinde etkili olan başlıca unsurların biridir. Siyah havuç suyu rengi de temelde antosiyanin kaynaklı olup proses sırasında uygulanan işlemlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

Çizelge 4.20. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin renk değerleri

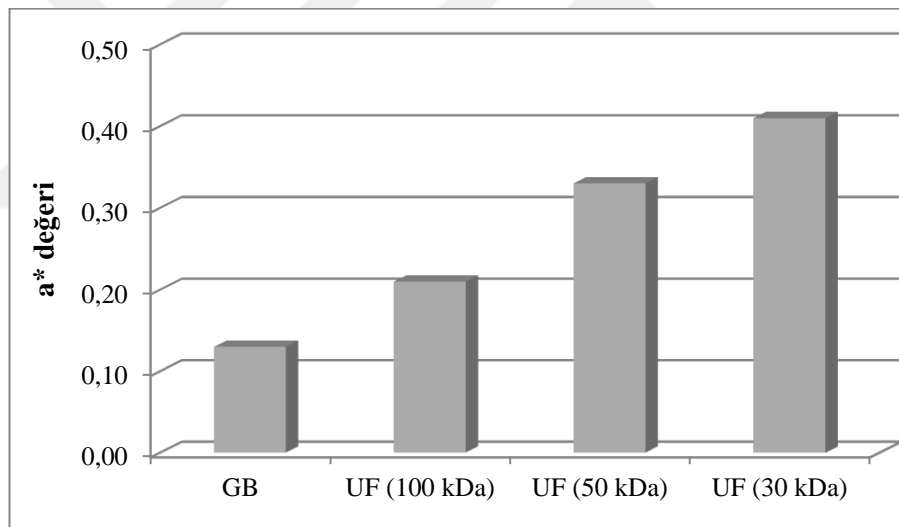
Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	L*	a*	b*	a*/b*
1	GD	MD	24,14±0,06	0,14±0,00	-0,45±0,02	-0,31±0,01
2	GD	OD	24,13±0,07	0,13±0,02	-0,51±0,02	-0,26±0,05
3	GD	MD+OD	24,09±0,04	0,15±0,00	-0,45±0,01	-0,32±0,00
4	GD	TE	24,19±0,05	0,09±1,21	-0,46±0,03	-0,20±0,01
5	UF (100 kDa)	MD	24,23±0,02	0,27±0,03	-0,40±0,00	-0,66±0,06
6	UF (100 kDa)	OD	24,18±0,02	0,23±0,03	-0,42±0,01	-0,54±0,05
7	UF (100 kDa)	MD+OD	24,16±0,01	0,23±0,02	-0,44±0,02	-0,53±0,03
8	UF (100 kDa)	TE	24,19±0,05	0,13±0,02	-0,46±0,01	-0,28±0,04
9	UF (50 kDa)	MD	24,16±0,03	0,39±0,03	-0,40±0,03	-0,98±0,13
10	UF (50 kDa)	OD	24,25±0,06	0,37±0,01	-0,41±0,02	-0,92±0,06
11	UF (50 kDa)	MD+OD	24,25±0,04	0,32±0,03	-0,37±0,00	-0,86±0,08
12	UF (50 kDa)	TE	24,17±0,03	0,23±0,03	-0,43±0,01	-0,53±0,06
13	UF (30 kDa)	MD	24,24±0,05	0,47±0,03	-0,38±0,01	-1,22±0,03
14	UF (30 kDa)	OD	24,23±0,05	0,52±0,01	-0,36±0,03	-1,46±0,12
15	UF (30 kDa)	MD+OD	24,21±0,03	0,46±0,04	-0,44±0,03	-1,05±0,14
16	UF (30 kDa)	TE	24,19±0,04	0,20±0,02	-0,47±0,00	-0,43±0,05

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

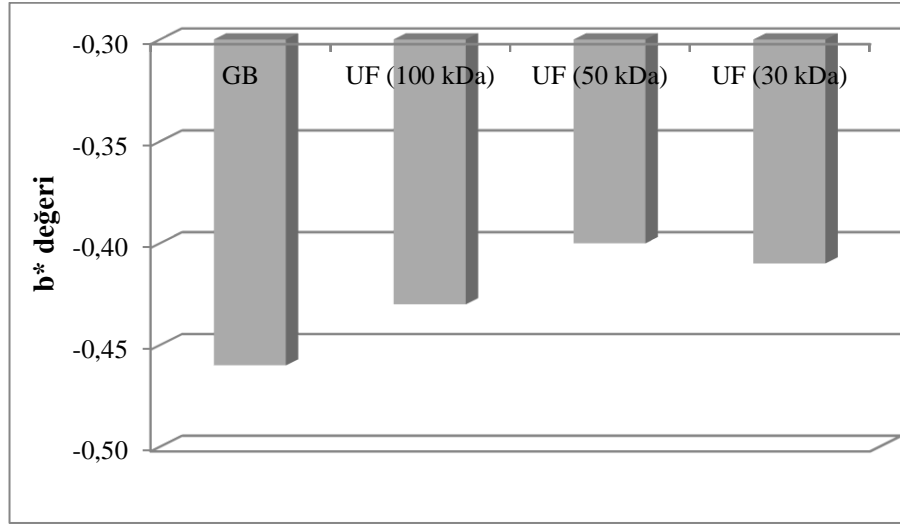
Şekil 4.31-4.34'te farklı yöntemlerle berraklaştırılan örnekler için belirlenen renk değerleri verilmektedir. Parlaklığı ifade etmekte olan  $L^*$  değerinin jelatin-bentonit durultması gerçekleştirilen örneklerde daha düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Her ne kadar rakamsal olarak birbirine yakın değerlerde olsa da geleneksel yöntem ve ultrafiltrasyon kullanımı bu noktada anlamlı bir farklılık ortaya koymuştur ( $p < 0,05$ ). Rengin daha koyu olmasına sebep olan unsurların ultrafiltrasyon sistemi ile daha etkili bir şekilde uzaklaştırılması bu anlamda etkili olmuş olabilir. Nitekim berraklaştırma amacıyla kullanılan ultrafiltrasyon membranlarının gözenek çapının küçülmesi durumunda görece olarak daha yüksek  $L^*$  değerleri elde edilmiştir. Benzer değerlendirmeler  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $a^*/b^*$  değerleri noktasında da yapılabilir. Geleneksel yöntemle berraklaştırma gerçekleştirilen örneklerde  $a^*$  değeri en düşük ve  $b^*$  değeri ise en yüksek skorları elde etmiştir. Polimerik renk noktasında gerçekleştirilen analizlerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmamasına karşın bu örneklerin daha yüksek polimerik renk skorlarına sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.22). Bu durum geleneksel yöntemle berraklaştırılan örneklerin  $a^*$  değerlerinin daha düşük çıkmasının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Nitekim düşük pH değerlerinde kırmızı renkli olan antosiyaninlerin degradasyonu ve bu bileşenlerin polimerizasyonu neticesinde kırmızı renk kaybı yani  $a^*$  değerinde azalma söz konusu olabilmektedir. Bunun yanı sıra ultrafiltre edilerek berraklaştırılan örneklerde rengin daha iyi algılanmasına dayalı olarak da bu sonuçlar elde edilmiş olabilir. İstatistiksel değerlendirmede de gruplar arasında farklılık olduğu ve bu noktada kullanılan ultrafiltrasyon membranının gözenek çapının da etkisinin bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.21-4.24).



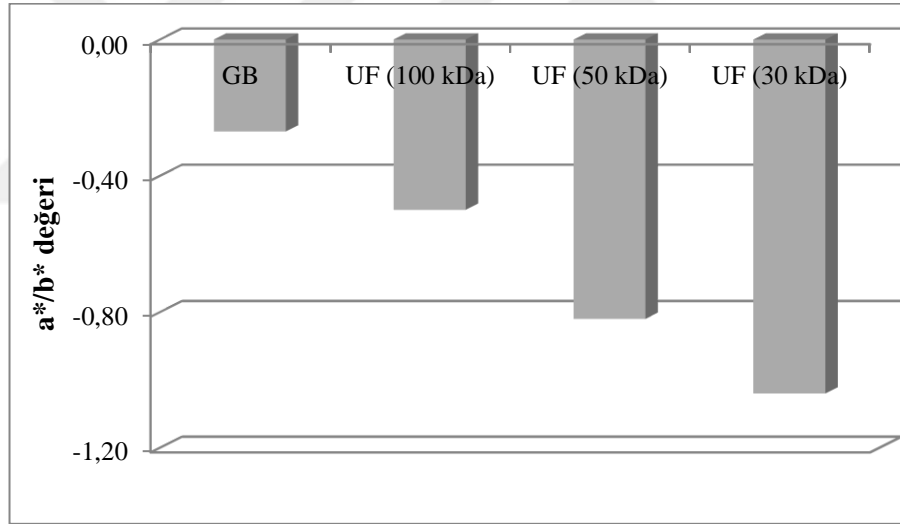
**Şekil 4.31.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin L\* değerleri



**Şekil 4.32.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin a\* değerleri



**Şekil 4.33.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin b\* değerleri



**Şekil 4.34.** Farklı yöntemlerle berraklaştırılan siyah havuç suyu örneklerinin a\*/b\* değerleri

**Çizelge 4.21.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun L\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	24,14	0,07	24,05	24,24
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	24,19	0,04	24,13	24,25
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	24,20	0,06	24,13	24,31
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	24,22	0,05	24,15	24,29
Toplam	32	24,19	0,06	24,05	24,31

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	0,031	3	0,010	3,113	0,042
Gruplar içi	0,093	28	0,003		
Toplam	0,124	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi

Geleneksel yöntemle berraklaştırma	24,14±0,07 <sup>a</sup>	
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	24,19±0,04 <sup>ab</sup>	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	24,20±0,06 <sup>b</sup>	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	24,22±0,05 <sup>b</sup>	

**4.22. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun a\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu**

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	0,13	0,03	0,09	0,15
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	0,21	0,06	0,11	0,29
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	0,33	0,07	0,20	0,41
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	0,41	0,13	0,18	0,52
Toplam	32	0,27	0,13	0,09	0,52

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	0,372	3	0,124	18,343	0,000
Gruplar içi	0,189	28	0,007		
Toplam	0,561	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi

Geleneksel yöntemle berraklaştırma	0,13±0,03 <sup>a</sup>	
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	0,21±0,06 <sup>b</sup>	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	0,33±0,07 <sup>c</sup>	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	0,41±0,13 <sup>c</sup>	

**4.23.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun b\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	-0,46	0,03	-0,53	-0,43
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	-0,43	0,02	-0,46	-0,40
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	-0,40	0,03	-0,44	-0,37
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	-0,41	0,05	-0,47	-0,33
Toplam	32	-0,43	0,04	-0,53	-0,33

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	0,020	3	0,007	5,213	0,005
Gruplar içi	0,036	28	0,001		
Toplam	0,056	31			

Duncan çoklu karşılaştırma testi

Geleneksel yöntemle berraklaştırma	-0,46±0,03 <sup>a</sup>	
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	-0,43±0,02 <sup>b</sup>	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	-0,40±0,03 <sup>b</sup>	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	-0,41±0,05 <sup>b</sup>	



**4.24.** Farklı berraklaştırma yöntemlerinin siyah havuç suyunun a\*/b\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	-0,27	0,06	-0,33	-0,19
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	-0,50	0,16	-0,72	-0,24
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	8	-0,82	0,21	-1,11	-0,48
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	-1,04	0,42	-1,58	-0,38
Toplam	32	-0,66	0,38	-1,58	-0,19

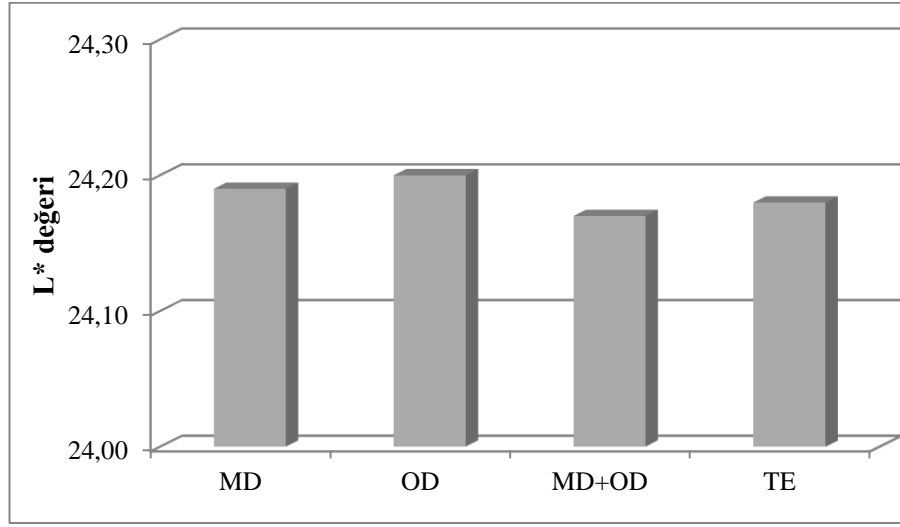
ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	2,779	3	0,926	14,956	0,000
Gruplar içi	1,734	28	0,062		
Toplam	4,513	31			

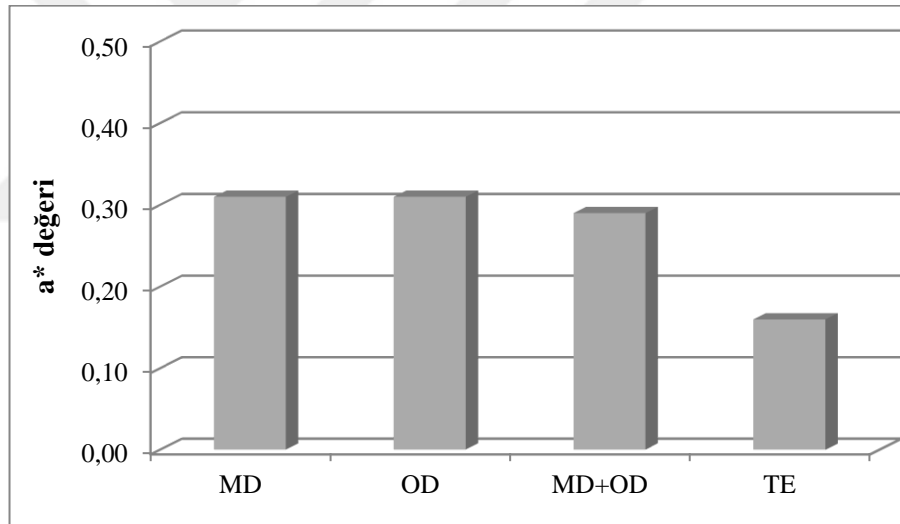
Duncan çoklu karşılaştırma testi

Geleneksel yöntemle berraklaştırma	-0,27±0,06 <sup>a</sup>	
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	-0,50±0,16 <sup>a</sup>	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (50 kDa)	-0,82±0,21 <sup>b</sup>	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	-1,04±0,42 <sup>b</sup>	

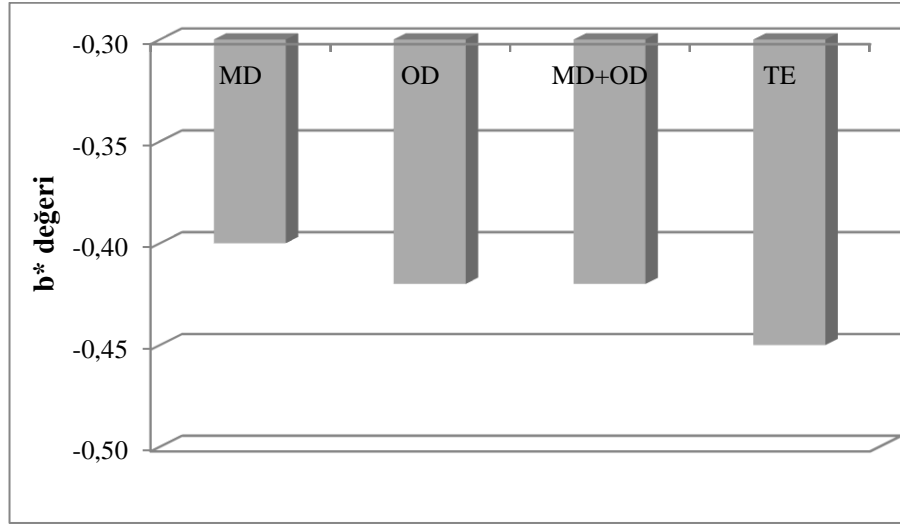
Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin renk değerleri Şekil 4.35-4.38'de ve konsantrasyon yöntemlerinin renk değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için oluşturulan varyans analizi tabloları ise Çizelge 4.25-4.28'de verilmektedir. İlginç bir şekilde farklı konsantrasyon yöntemlerinin renk değerleri üzerine etkisi, berraklaştırma yöntemlerinin etkisine kıyasla daha düşük seviyede bulunmuştur. Gerek termal evaporasyon yöntemi ve gerekse membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerde  $L^*$  değerlerinin birbirine yakın çıktığı görülmektedir.  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $a^*/b^*$  değerleri noktasında ise konsantrasyon yöntemlerinin etkisi görülmekle birlikte,  $p=0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bununla birlikte %90 güven aralığı baz alındığında ( $p=0,1$ ) gruplar arasındaki farklılık anlamlı hale gelmektedir. Termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerde, uygulanan ısı işlem düzeyine bağlı olarak renk değerlerinde daha büyük değişimlerin olması beklentisini ortaya çıkarmaktadır. Nitekim polimerik renk değerlerinin de oldukça yüksek olduğu termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinin daha düşük olması tahmin edilebilir.  $a^*$  değeri açısından bu öngörü kısmen sağlanmış olmakla birlikte özellikle  $L^*$  değeri noktasında elde edilen sonuçların anlamlı bir değerlendirmesi yapılamamıştır. Bununla birlikte her ne kadar  $10,5^\circ\text{Bx}$  düzeyindeki örneklerde renk ölçümü gerçekleştirilmiş olsa da siyah havuç suyu örneklerinde bu briks seviyesinde de oldukça yoğun bir renk hakim olduğu için, renk farklılıklarının tam olarak ortaya konulamamış olması olasıdır.



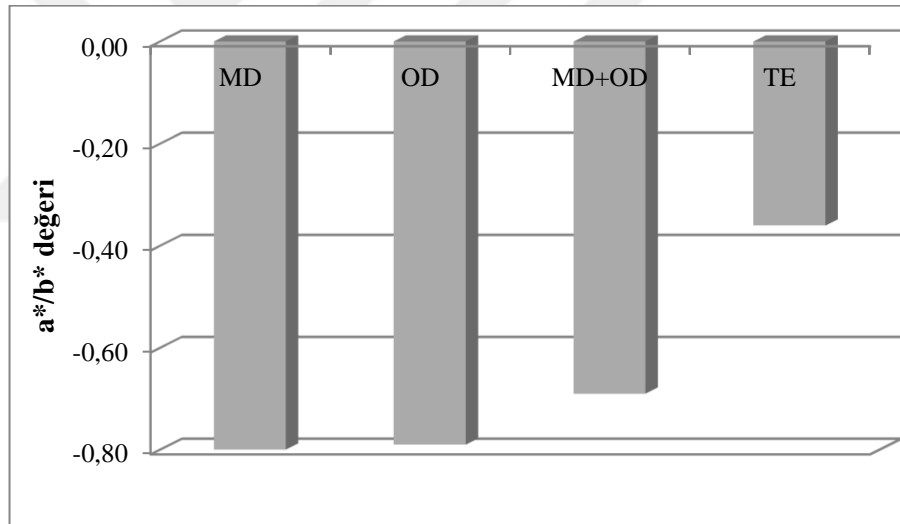
Şekil 4.35. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin L\* değerleri



Şekil 4.36. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin a\* değerleri



Şekil 4.37. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin  $b^*$  değerleri



Şekil 4.38. Farklı yöntemlerle konsantre edilen siyah havuç suyu örneklerinin  $a^*/b^*$  değerleri

**Çizelge 4.25.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun L\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	24,19	0,07	24,08	24,29
Ozmotik destilasyon (OD)	8	24,20	0,08	24,06	24,31
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	24,17	0,07	24,05	24,28
Termal evaporasyon	8	24,18	0,05	24,13	24,24
Toplam	32	24,19	0,06	24,05	24,31

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	0,002	3	0,001	0,173	0,913
Gruplar içi	0,122	28	0,004		
Toplam	0,124	31			

**Çizelge 4.26.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun a\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	0,31	0,13	0,14	0,49
Ozmotik destilasyon (OD)	8	0,31	0,16	0,11	0,52
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	0,29	0,13	0,14	0,49
Termal evaporasyon	8	0,16	0,06	0,09	0,26
Toplam	32	0,27	0,13	0,09	0,52

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	0,125	3	0,042	2,675	0,066
Gruplar içi	0,436	28	0,016		
Toplam	0,561	31			

**Çizelge 4.27.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun b\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	-0,40	0,03	-0,46	-0,37
Ozmotik destilasyon (OD)	8	-0,42	0,06	-0,53	-0,33
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	-0,42	0,04	-0,46	-0,37
Termal evaporasyon	8	-0,45	0,02	-0,48	-0,42
Toplam	32	-0,42	0,04	-0,53	-0,33

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	0,009	3	0,003	1,773	0,175
Gruplar içi	0,047	28	0,002		
Toplam	0,056	31			

**Çizelge 4.28.** Farklı konsantrasyon yöntemlerinin siyah havuç suyunun a\*/b\* değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

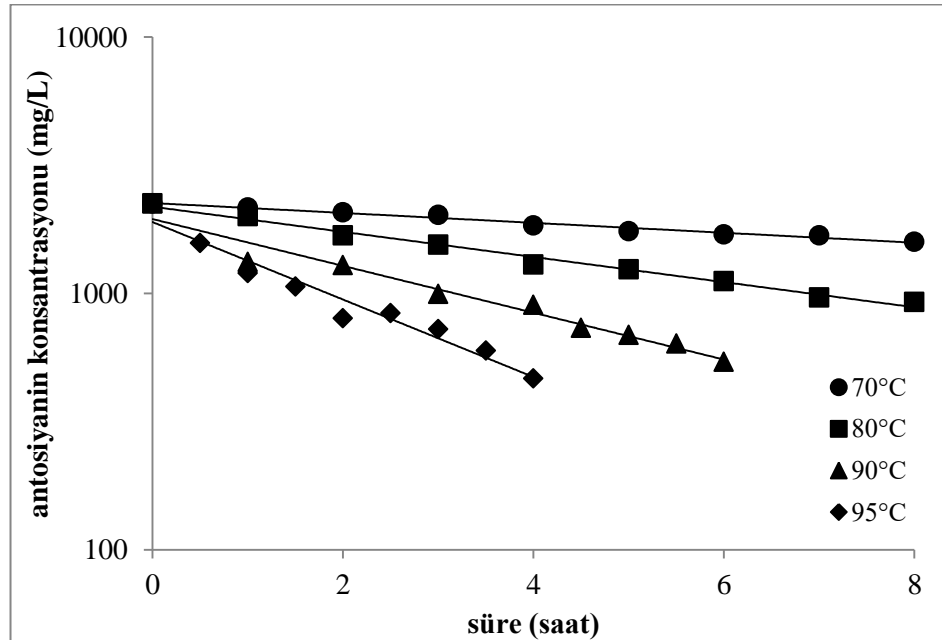
Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	8	-0,80	0,37	-1,26	-0,30
Ozmotik destilasyon (OD)	8	-0,79	0,49	-1,58	-0,21
Tümleşik sistem (OD+MD)	8	-0,69	0,32	-1,20	-0,32
Termal evaporasyon	8	-0,36	0,15	-0,59	-0,19
Toplam	32	-0,66	0,38	-1,58	-0,19

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	1,021	3	0,340	2,727	0,063
Gruplar içi	3,492	28	0,125		
Toplam	4,513	31			

### 4.3. Siyah Havuç Suyu Antosiyaninlerinin Isıl Stabilitesi

Membran sistemleri ile konsantrasyon gerçekleştirilmesinin en önemli avantajlarından biri, antosiyaninler gibi ısıl duyarlılığı yüksek olan bileşenlerin çok daha yüksek düzeyde korunumunun sağlanmasıdır. Buna karşılık termal evaporasyon, uygulanan ısıl işlem normlarına bağlı olarak antosiyaninlerin önemli oranda azalmasına sebebiyet verebilir. Nitekim çalışma kapsamında geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile gerçekleştirilen konsantrasyonda, örneklerdeki antosiyanin konsantrasyonu membran sistemlerine göre %40 daha düşük düzeyde tespit edilmiştir. Termal evaporasyon sırasında uygulanan ısıl işlem koşulları antosiyaninlerin parçalanması ve polimerik renk oluşumu açısından belirleyici olup, bu bölümde farklı ısıl işlem normlarının antosiyaninler üzerine etkileri ele alınmıştır. pH 3.9'a ayarlanmış ve 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanılarak berraklaştırılan 10.5°Bx değerine sahip siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklık ve süre kombinasyonlarında ısıl işlem görmesi neticesinde antosiyanin içeriklerinde meydana gelen değişim Şekil 4.39'de verilmiştir.



Şekil 4.39. Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde toplam monomerik antosiyanin düzeyindeki değişim

Siyah havuç suyundaki antosiyanin kaybının 1. derece reaksiyon kinetiğine uygun olarak gerçekleştiği ve sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak antosiyanin kaybının da arttığı görülmektedir. Söz konusu reaksiyona ait kinetik parametreler incelendiğinde (Çizelge 4.29) sıcaklığın artması ile birlikte reaksiyon hız sabitlerinin daha büyük değerlere sahip olduğu yani reaksiyon hızının arttığı, buna paralel bir şekilde yarılanma ömrünün de azaldığı belirlenmiştir. Nitekim 80°C sıcaklıkta antosiyanin parçalanmasına ilişkin yarılanma ömrü yaklaşık 6 saatten, 95°C’de 2 saat düzeylerine düşmektedir.

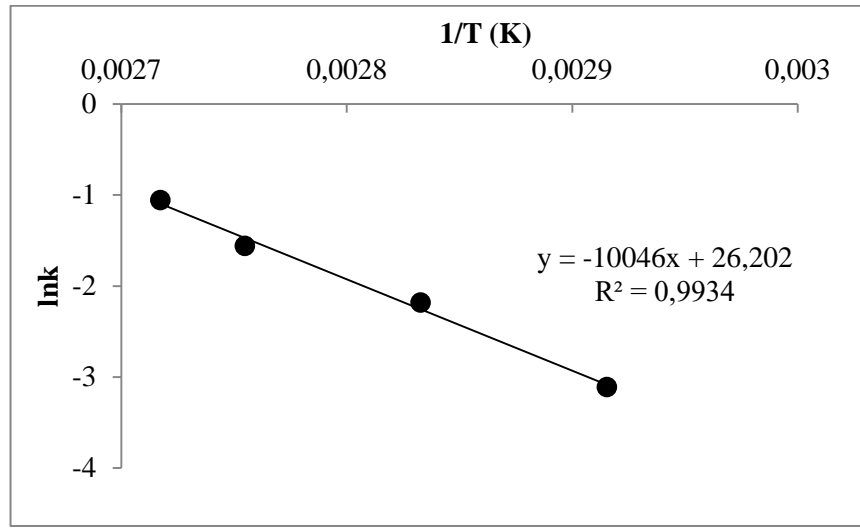
**Çizelge 4.29.** Farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş siyah havuç suyu örneklerinde antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler

Sıcaklık (°C)	-k (saat <sup>-1</sup> )	t <sub>1/2</sub> (saat)	E <sub>A</sub> (kJ/mol)
70	0,0445 (0,9773)*	15,58	83,5 (0,9934)
80	0,1129 (0,9873)	6,14	
90	0,2103 (0,9621)	3,30	
95	0,3479 (0,9549)	1,99	

\* parantez içerisindeki değerler determinasyon katsayılarıdır (R<sup>2</sup>)

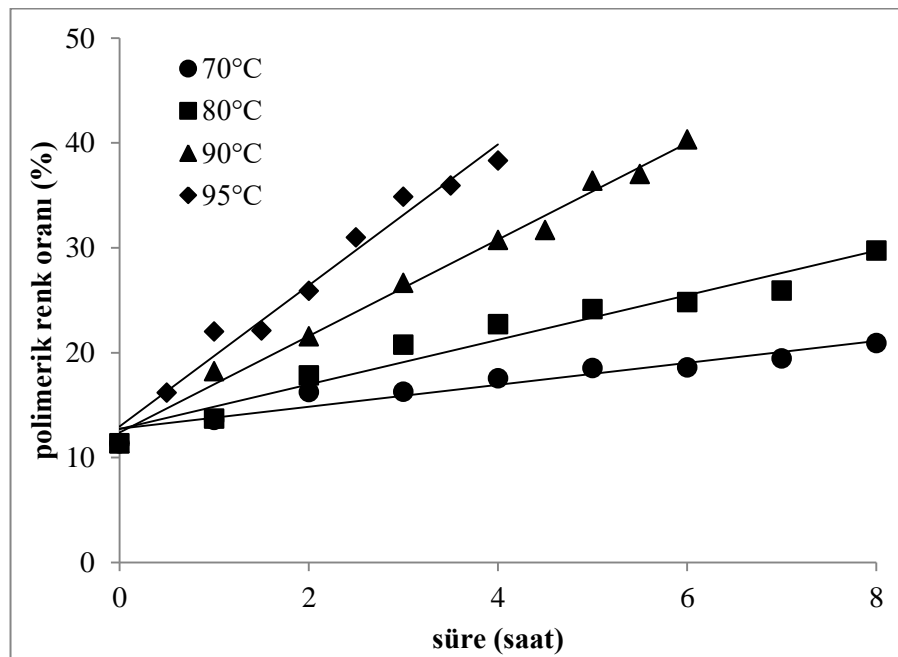
Şekil 4.40’da verilen Arrhenius grafiği yardımıyla hesaplanan aktivasyon enerjisi değeri 83,5 olarak belirlenmiş olup, Kırca (2004) tarafından 10,8°Bx değerine sahip (pH 4.3) siyah havuç suyunda gerçekleştirilen çalışmada da antosiyanin parçalanmasına ilişkin aktivasyon enerjisi değeri 62,5 kJ/mol olarak belirlenmiştir.





**Şekil 4.40.** Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde antosiyanin konsantrasyonundaki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

Antosiyaninlerin parçalanmasına paralel bir şekilde siyah havuç suyundaki polimerik renk oranı değerleri de artış göstermektedir. Söz konusu artışın ise 0. derece reaksiyon kinetiğine uygun bir şekilde gerçekleştiği ve uygulanan sıcaklığa bağlı olarak lineer bir şekilde yükseldiği görülmektedir (Şekil 4.41).



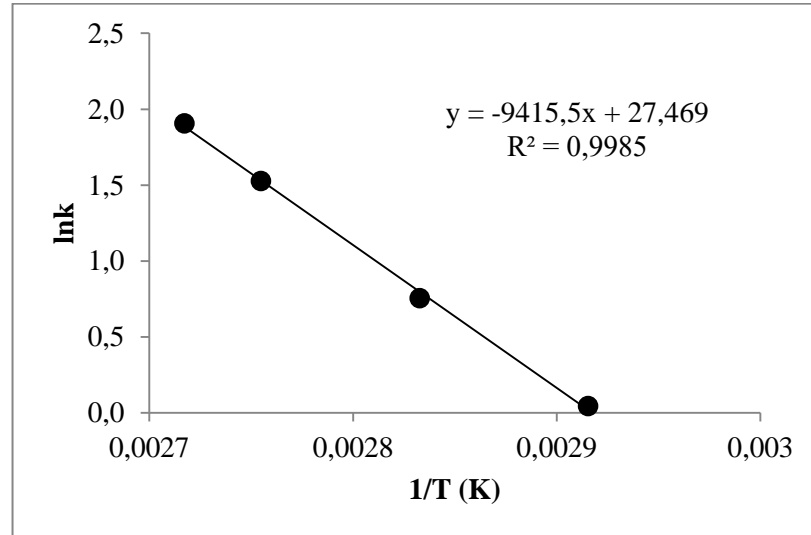
**Şekil 4.41.** Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde polimerik renk oranındaki değişim

Polimerik renk oluşumuna ilişkin reaksiyon hız sabitleri Çizelge 4.30'da verilmiş olup, burada da sıcaklığın artması reaksiyon hız sabitlerinin dolayısıyla reaksiyon hızının önemli oranda arttığını ortaya koymaktadır. Nitekim sıcaklıkta meydana gelen her 10°C'lik artışın reaksiyon hızını yaklaşık 2 katına çıkardığı görülmektedir. Şekil 4.42'de verilen Arrhenius grafiği ile hesaplanan aktivasyon enerjisi değeri de antosiyanin parçalanması noktasında elde edilen değere nispeten yakın bir biçimde 78,3 kJ/mol olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.30.** Farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş siyah havuç suyu örneklerinde polimerik renk oranı değişimine ilişkin kinetik parametreler

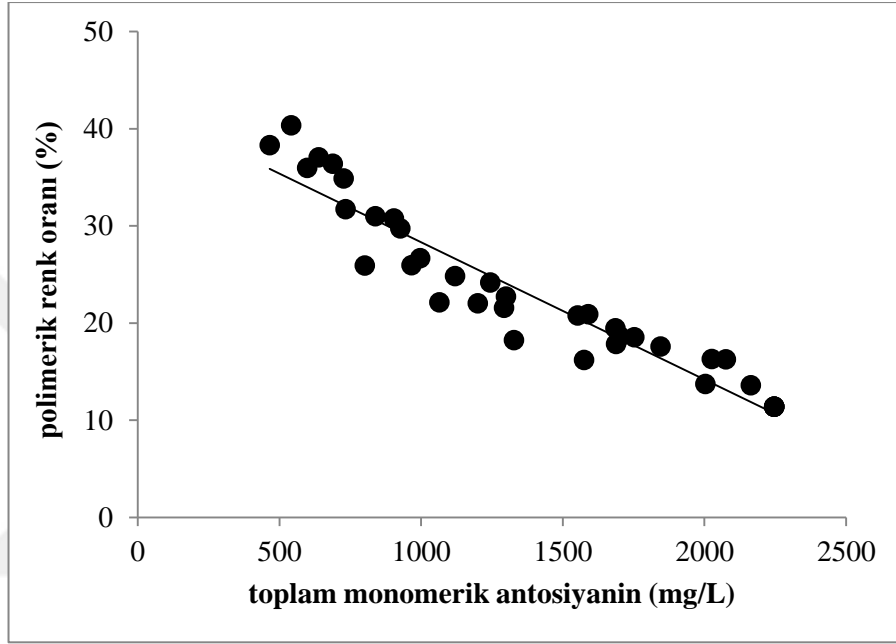
Sıcaklık (°C)	k (%/saat)	E <sub>A</sub> (kJ/mol)
70	1,0456 (0,9243)*	78,3 (0,9985)
80	2,1241 (0,9550)	
90	4,5986 (0,9915)	
95	6,7234 (0,9764)	

\* parantez içerisindeki değerler determinasyon katsayılarıdır (R<sup>2</sup>)



**Şekil 4.42.** Siyah havuç suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde polimerik renk oranındaki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

Siyah havuç suyunun ısıl işlem görmesi sürecinde antosiyanin parçalanması ile buna bağlı olarak polimerik renk oranındaki artış arasındaki ilişki de Şekil 4.43'te verilmiştir. Söz konusu ilişkiye ait Pearson korelasyon katsayısı -0,951 olarak belirlenmiş olup beklendiği gibi antosiyanin parçalanması ve polimerik renk oranı arasında çok güçlü negatif bir ilişkinin söz konusu olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.43.** Siyah havuç suyu rneklelerinin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmeleri sürecinde toplam monomerik antosiyanin içeriği ve polimerik renk oranları arasındaki ilişki

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Meyve ve sebze sularının konsantrasyonu amacıyla geleneksel olarak kullanılan termal evaporasyon yönteminin, uygulanan ısı işlem şiddetine bağlı olarak ürün kalitesi üzerinde meydana getirdiği olumsuzlukların azaltılması noktasında membran sistemleri ile konsantrasyon önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında da geleneksel jelatin-bentonit durultması yanında farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları kullanılarak berraklaştırılan siyah havuç suyu örnekleri membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik sistem ile konsantre edilmiş ve ürün karakteristikleri açısından geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerle kıyaslanmıştır. Bunun yanı sıra söz konusu membran prosesleri akı ve konsantrasyon derecesi bakımından karşılaştırılmış, ayrıca siyah havuç suyu antosiyaninlerinin ısı stabiliteyi incelenmiştir.

Membran sistemleri ile konsantrasyon sırasında membran destilasyon ve ozmotik destilasyon yöntemlerinin gerek akı ve gerekse konsantrasyon derecesi bakımından nispeten benzer sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. Bununla birlikte bu anlamda gerçekleştirilecek değerlendirmelerde, uygulanan işlem parametrelerinin son derece önemli olduğu unutulmamalıdır. Bu araştırma kapsamında membran destilasyon yöntemi için 25°C sıcaklık farkı oluşturulmuş (meyve suyu 37°C ve su 12°C), ozmotik destilasyon yönteminde ise kullanılan hipertonic tuz çözeltisi konsantrasyonu %65 olarak kullanılmıştır. Membran destilasyon sistemi açısından, membran boyunca oluşturulacak sıcaklık farkının artırılması sürücü gücün artmasına bağlı olarak evaporasyon akısının daha yüksek seviyelere çıkması ve dolayısıyla ulaşılmak istenen konsantrasyon derecesine daha kısa sürede ulaşılması sonucunu sağlayabilir. Bununla birlikte konsantre edilecek meyve veya sebze suyunun daha yüksek sıcaklıklarda tutulması bu ürünlerin sıcaklıktan olumsuz etkilenmesi sonucunu da beraberinde getirecektir. Bu anlamda sıcaklık gradyeninin artırılması açısından meyve suyu sıcaklığını arttırmak yerine membranın diğer tarafındaki su sıcaklığını düşürmek faydalı olacaktır. Ozmotik destilasyon yönteminde kullanılan hipertonic tuz çözeltisi ( $\text{CaCl}_2$ ) konsantrasyonu, oda sıcaklığında doymuluk değerine

yakın olup, proses boyunca meyve suyu içerisinde gelen su dolayısıyla seyrelme eğilimindedir. Dolayısıyla ozmotik destilasyon sistemi ile konsantrasyonda söz konusu seyrelmeye bağlı olarak sürücü güçte meydana gelen azalma, evaporasyon akısının da azalmasına yol açmaktadır. Bu seyrelmenin minimize edildiği uygulamalar, ozmotik destilasyon ile konsantrasyon sürecinin daha etkili bir şekilde gerçekleşmesine olanak sağlayacaktır. Bu anlamda uygulanabilecek alternatiflerden biri, kullanılan tuz çözeltisi miktarının mümkün olduğunca fazla olması ve meyve suyundan geçecek su miktarının tuz çözeltisinin konsantrasyonunu daha az etkilemesidir. Diğer bir alternatif de proses sırasında kısmen seyrelen tuz çözeltisinin daha konsantre çözelti ile değiştirilmesidir. Tümlşik membran sistemi ile gerçekleştirilen konsantrasyon işleminde, her iki sürücü gücün kombine edilmesi akınında yaklaşık 2 katına çıkmasını sağlamış, erişilmek istenen konsantrasyon derecesine ulaşma süresi ise yaklaşık yarıya düşmüştür.

Konsantrasyon öncesinde örneklerin geleneksel jelatin-bentonit yöntemi veya farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırılmaları, çeşitli ürün karakteristikleri açısından farklılıklar ortaya koymuş, bu proses evaporasyon akısını da kısmen etkilemiştir. Nitekim 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı ile berraklaştırılan örnekler kullanılması durumunda, membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümlşik sistem ile gerçekleştirilen proseslerinin tamamında konsantrasyon derecesi 6 değerine daha kısa sürede ulaşılmıştır. Bu durumun ultrafiltrasyonda kullanılan gözenek çapının küçülmesi ile, konsantrasyon polarizasyonuna neden olabilecek unsurların daha yüksek düzeyde uzaklaştırılmasının bir sonucu olacağı değerlendirilmektedir.

Berraklaştırma amacıyla geleneksel durultma yerine ultrafiltrasyon kullanımı günümüzde endüstriyel olarak da yaygın bir uygulama alanı bulmuş, böylelikle berraklaştırma ajanlarına olan gereksinimi sınırlandırması açısından da avantaj sağlamıştır. Bu noktada kullanılan ultrafiltrasyon membranının gözenek çapı, ürünün bazı fizikokimyasal özellikleri açısından farklı sonuçlar elde edilmesine yol açmıştır. Özellikle toplam fenolik madde ve bazı renk özelliklerinde bu farklılıklar daha belirgindir.

Geleneksel termal evaporasyon ve membran sistemlerinin siyah havuç suyu konsantrasyonunda kullanılması noktasında gerçekleştirilen karşılaştırmada, özellikle örneklerin toplam monomerik antosiyanin, polimerik renk oranı, antioksidan kapasite ve HMF düzeyleri açısından membran sistemleri ile konsantrasyonun önemli üstünlükleri belirlenmiştir. Termal evaporasyon uygulaması sırasında uygulanan ısıl işleme bağlı olarak antosiyanin parçalanması daha yüksek düzeyde gerçekleşmiş ve bu örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin konsantrasyonu, membran sistemleri ile konsantre edilen rnelere göre yaklaşık %40 daha düşük seviyede bulunmuştur. Yine antosiyaninlerin parçalanmasının bir göstergesi konumundaki polimerik renk oranı değerleri sadece termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde %25 düzeylerine çıkmıştır. Ayrıca gıdaların işlenmeleri sırasında ısıl işlem kaynaklı olumsuzlukların bir göstergesi konumunda önemli bir kalite kriteri olan HMF oluşumu sadece termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde saptanmıştır.

Isıl stabilite çalışmalarında da siyah havuç suyu antosiyaninlerinin ısıl işleme karşı duyarlı olduğu ve proseste uygulanan sıcaklığın artmasıyla birlikte hızlı bir şekilde parçalandığını göstermiştir. Söz konusu parçalanmaya bağlı olarak da polimerik renk oranı değerlerinin doğrusal bir artış gösterdiği saptanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, membran sistemleri gibi ısıl işlemin olumsuz etkilerini minimize eden yöntemlerin siyah havuç suyu konsantrasyonu amacıyla etkili bir şekilde kullanılabilereğini ve bu yöntemlerle ürün karakteristiklerinin geleneksel termal evaporasyona kıyasla çok daha iyi bir şekilde korunabileereğini ortaya koymaktadır.

## KAYNAKLAR

- Acar, J., Gökmen, V., 2005. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Cilt 1- Meyve ve Sebze Suları Üretimi. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 674s.
- Acar, M.J., Onsekizoğlu, P., Bahçeci, K.S., 2009. Ozmotik Destilasyon ve Membran Destilasyon Yöntemleri ile Yüksek Kalitede Elma Suyu Konsantresi Üretimi Üzerine Araştırmalar. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu Proje Raporu (Proje No:107O096), Ankara.
- Ağçam, E., Akyıldız, A., 2015. Siyah havuç posasından antosiyaninlerin ekstraksiyonuna farklı çözümler ve asit konsantrasyonlarının etkileri. The Journal of Food, 40 (3), 149-156.
- Akdağ, E., 2011. Türkiye Meyve Suyu vb Ürünler Sanayi Raporu. Meyve Suyu Endüstri Derneği (MEYED), İstanbul.
- Akhtar, S., Rauf, A., Imran, M., Qamar, M., Riaz, M., Mubarak, M.S., 2017. Black carrot (*Daucus carota* L.), dietary and health promoting perspectives of its polyphenols: a review. Trends in Food Science and Technology, 66, 36-47.
- Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P.C., Shahidi, F., Wictorowicz, R., 2005. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. Food Chemistry, 89, 69-76.
- Algarra, M., Fernandes, A., Mateus, N., Freitas, V., Esteves da Silva, J.C.G., Casado, J., 2014. Anthocyanin profile and antioxidant capacity of black carrots (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) from Cuevas Bajas, Spain. Journal of Food Composition and Analysis, 33, 71-76.
- Alkudhiri, A., Darwish, N., Hilal, N., 2012. Membrane distillation: a comprehensive review. Desalination, 287, 2-18.
- Arcott, S.A., Tanumihardjo, S.A., 2010. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. Comprehensive Reviews in Food Science and Technology, 9, 223-239.
- Assous, M.T.M., Abdel-Hady, M.M., Ghada, M. Medany, G.M., 2014. Evaluation of red pigment extracted from purple carrots and its utilization as antioxidant and natural food colorants. Annals of Agricultural Science, 59(1), 1-7.
- Bahçeci, K.S., Akıllıoğlu, H.G., Gökmen, V., 2013. Domates Suyunun Termal Olmayan Ozmotik Destilasyon ve Membran Destilasyon Teknikleri ile Konsantrasyonu. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu Proje Raporu (Proje No:111O367), Çorum.

- 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.
- Bailey, A.F.G., Barbe, A.M., Hogan, P.A., Johnson, R.A., Sheng, J., 2000, The effect of ultrafiltration on the subsequent concentration of grape juice by osmotic distillation, *Journal of Membrane Science*, 164, 195-204.
- Baranski, R., Allender, C., Klimek-Chodacka, M., 2012. Towards better tasting and more nutritious carrots: carotenoid and sugar content variation in carrot genetic resources. *Food Research and Technology*, 47, 182-187.
- 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.
- 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 Technology*, 12, 352-360.
- Degirmenci, H., Karapınar, M., Karabiyikli, S., 2012. The survival of *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* in black carrot (*Daucus carota*) juice. *International Journal of Food Microbiology*, 153, 212-215.
- Demir, D., 2010. Kurutma İşlemi ve Öncesinde Uygulanan Farklı Haşlama Tekniklerinin Siyah Havucun Antioksidan Etkili Bileşikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dereli, U., 2010. Siyah Havuç Suyu Konsantresi Üretimi ve Depolanması Sürecinde Fenolik Maddelerdeki Değişimler ve Bu Değişimlerin Antioksidan Aktivite ile İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Destani, F., Cassano, A., Fazio, A., Vincken, J.P., Gabriele, B., 2013. Recovery and concentration of phenolic compounds in blood orange juice by membrane operations. *Journal of Food Engineering*, 117, 263-271.
- Elham, G., Reza, H., Jabbar, K., Parisa, S., Rashid, J., 2006. Isolation and structure characterisation of anthocyanin pigments in black carrot (*Daucus carota* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(15), 2905-2908.
- Erten, H., Tangüler, H., Canbaş, A., 2008. A traditional Turkish lactic acid fermented beverage: shalgam (şalgam). *Food Reviews International*, 24, 352-359.



- Ersus Bilek, S., Yılmaz, F.M., Özkan, G., 2017. The effects of industrial production on black carrot concentrate quality and encapsulation of anthocyanins in whey protein hydrogels. *Food and Bioproducts Processing*, 102, 72-80.
- FAO, 2019. Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (08.07.2019).
- Garcia-Herrera, P., Perez-Rodriguez, M.L., Aguilera-Delgado, T., Labari-Reyes, M.J., Olmedilla-Alonso, B., de Pascual-Teresa, M.C.S., 2016. Anthocyanin profile of red fruits and black carrot juices, purees and concentrates by HPLC-DAD-ESI/MS-QTOF. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 2290-2300.
- Gerard, V., Ay, E., Morlet-Savary, F., Graff, B., Galopin, C., Ogren, T., Mutilangi, W., Lalevee, J., 2019. Thermal and photochemical stability of anthocyanins from black carrot, grape juice, and purple sweet potato in model beverages in the presence of ascorbic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 5647-5660.
- Giusti, M.M., Wrolstad, R.E., 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14, 217-225.
- Gras, C.C., Carle, R., Schweiggert, M.R., 2015. Determination of anthocyanins from black carrots by UHPLC-PDA after ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, 170-177.
- Gras, C.C., Bogner, H., Carle, R., Schweiggert, R.M., 2016. Effect of genuine non-anthocyanin phenolics and chlorogenic acid on color and stability of black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) anthocyanins. *Food Research International*, 85, 291-300.
- İyiçınar, H., 2007. Kontrollü Şartlarda Şalgam Suyu Üretimi Üzerine Farklı Formülasyonların Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- 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.
- Kamiloglu, S., Camp, J.V., Capanoglu, E., 2018. Black carrot polyphenols: effect of processing, storage and digestion-an overview. *Phytochemistry Reviews*, 17, 379-395.
- Kamiloglu, S., Pasli, A.A., Ozçelik, B., Camp, J.V., Capanoglu, E., 2015a. Influence of different processing and storage conditions on in vitro bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades. *Food Chemistry*, 186, 74-82.

- Kamiloglu, S., Pasli, A.A., Ozçelik, B., Camp, J.V., Capanoglu, E., 2015b. Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: effect of processing, storage conditions and *in vitro* gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, 13, 1-10.
- Kammerer, D., Carle, R., Schieber, A., 2004. Quantification of anthocyanins in black carrot extract (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) and evaluation of their color properties. *European Food Research and Technology*, 219, 479-486.
- Karagöz, I., 2019. Karadut Suyu ve Konsantresi Üretiminde Membran Proses Uygulamalarının Ürün Kalitesine Etkileri. Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.
- Karataş, İ., Elmastaş, M., Karataş, R., 2013. Siyah havuç (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef)kallus kültüründe antosiyanin üretimine bazı uygulamaların etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9, 30-41.
- Khandare, V., Walia, S., Singh, M., Kaur, C., 2011. Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: processing effects on antioxidant composition and color. *Food And Bioproducts Processing*, 89, 482-486.
- Kırca, A., 2004. Siyah Havuç Antosiyaninlerinin Bazı Meyve Ürünlerinde Isıl Stabilitesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kırca, A., Özkan, M., Cemeroğlu, B., 2006. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry*, 97, 598-605.
- Kırca, A., Özkan, M., Cemeroğlu, B., 2007a. Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry*, 101, 212-218.
- Kırca, A., Özkan, M., Cemeroğlu, B., 2007b. Storage stability of strawberry jam color enhanced with black carrot juice concentrate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 31, 531-545.
- Koroknai, B., Csanadi, Z., Gubicza, L., Belafi-Bako, K., 2008. Preservation of antioxidant capacity and flux enhancement in concentration of red fruit juices by membrane processes. *Desalination*, 228, 295-301.
- Kujawski, W., Sobolewska, A., Jarzynka, K., Güell, C., Ferrando, M., Warczok, J., 2013. Application of osmotic membrane distillation process in red grape juice concentration. *Journal of Food Engineering*, 116, 801-808.

- Montilla, E.C., Arzaba, M.R., Hillebrand, S., Winterhalter, P., 2011. Anthocyanin composition of black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) cultivars antonina, beta sweet, deep purple, and purple haze. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 3385-3390.
- 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.
- Onsekizoglu, P., 2010. Elma Suyu Üretiminde Ozmotik Destilasyon ve Membran Destilasyon Uygulamalarının Ürün Kalitesine Etkileri. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Onsekizoglu, P., 2013. Production of high quality clarified pomegranate juice concentrate by membrane processes. *Journal of Membrane Science*, 442, 264-271.
- Onsekizoglu, P., Bahceci, K.S., Acar, M.J, 2010. Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: a comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*, 352, 160-165.
- Özgen, S., Şekerci, Ş., 2013. Ereğli siyahı havuç çeşidinin fitokimyasal varyasyonu. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 86-89.
- Özen, G., Akbulut, M., Artık, N., 2011. Stability of black carrot anthocyanins in the Turkish delight (lokum) during storage. *Journal of Food Process Engineering*, 34, 1282-1297.
- Özkan, M., Kırca, A., Cemeroğlu, B., 2010. Gıdalara Uygulanan Bazı Özel Analiz Yöntemleri. *Gıda Analizleri*, Ed.: B. Cemeroğlu, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, Ankara, 657s.
- Pala, C., Sevimli-Gür, C., Yeşil-Çelikleş, Ö., 2017. Green extraction processes focusing on maximization of black carrot anthocyanins along with cytotoxic activities. *Food Analytical Methods*, 10, 529-538.
- Patras, A., Brunton, N.P., O'Donnell, C., Tiwari, B.K., 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 3-11.
- Que, F., Hou, X.L., Wang, G.L., Xu, Z.S., Tan, G.F., Li, T., Wang, Y.H., Khadr, A., Xiong, A.S., 2019. Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*, 6(69), 1-5.
- Quist-Jensen, C.A., Macedonio, F., Conidi, C., Cassano, A., Aljlil, S., Alharbi, O.A., Drioli, E., 2016. Direct contact membrane distillation for the concentration of clarified orange juice. *Journal of Food Engineering*, 187, 37-43.

- 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.
- Schwarz, M., Wray, V., Winterhalter, P., 2004. Isolation and identification of novel pyranoanthocyanins from black carrot (*Daucus carota* L.) juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5095-5101.
- Sharma, K.D., Karki, S., Thakur, N.S., Attri, S., 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot - a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 22-32.
- Silva, A.Q., Vieira, M.A., Vieira, E.A., Amboni, A.R., Amante, E.R., Teixeira, E., 2007. Chemical, physical and sensory parameters of different carrot varieties (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 30, 746-756.
- Simon, P.W., 2000. Domestication, historical development, and modern breeding of carrot. *Plant Breeding Reviews*, 19, 157-190.
- Singh, B.K., Koley, T.K., Maurya, A., Singh, P.M., Singh, B., 2018. Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus* Schubl. & Martens). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24, 899-907.
- Smeriglio, A., Denaro, M., Barreca, D., D'Angelo, V., Germano, M.P., Trombetta, D., 2018. Polyphenolic profile and biological activities of black carrot crude extract (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.). *Fitoterapia*, 124, 49-57.
- Sürel, C., 2012. Bazı Sebzelerde Dondurma ve Donmuş Muhafaza Sürecinde Askorbik Asit,  $\beta$ -Karoten ve Tekstürel Değişimlerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Suzme, S., Boyacioglu, D., Toydemir, G., Capanoglu, E., 2014. Effect of industrial juice concentrate processing on phenolic profile and antioxidant capacity of black carrots. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 819-829.
- Tangüler, H., Erten, H., 2012. Chemical and microbiological characteristics of shalgam (şalgam): a traditional Turkish lactic acid fermented beverages. *Journal of Food Quality*, 35, 298-306.
- Tangüler, H., Selli, S., Sen, K., Cabaroğlu, T., Erten, H., 2017. Aroma composition of shalgam: a traditional Turkish lactic acid fermented beverage. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 2011-2019.

- Tatoğlu, Ö., 2014. Siyah Havuç Posasının Fermente Siyah Havuç Suyu Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- TÜİK, 2019. Bitkisel Üretim İstatistikleri. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (08.07.2019).
- Tülek, S., Dolar, F.S., 2011. Havularda görölen depo hastalıkları ve yönetimi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2), 187-198.
- Türker, N., Aksay, S., Ekiz, H.İ., 2004. Effect of storage temperature on the stability of anthocyanins of a fermented black carrot (*Daucus carota* var. L.) beverage: shalgam. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 3807-3813.
- Türkmen, F.U., Mercimek-Takcı, H.A., Özmermer, S., Bozkurt, Y., Güneri, A., Elagöz, Z., 2018. Mikrodalga ve pastörizasyon uyhulamalarının siyah havucun kalite parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22(2), 196-206.
- Türkyılmaz, M., Özkan, M., 2012. Kinetics of anthocyanin degradation and polymeric colour formation in black carrot juice concentrates during storage. International Journal of Food Science and Technology, 47, 2273-2281.
- Türkyılmaz, M., Yemiş, O., Özkan, M., 2012. Clarification and pasteurisation effects on monomeric anthocyanins and percent polymeric colour of black carrot (*Daucus carota* L.) juice. Food Chemistry, 134, 1052-1058.
- Ulusoy, A., Tamer, C.E., 2019. Determination of suitability of black carrot (*Daucus carota* L. spp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) juice concentrate, cherry laurel (*Prunus laurocerasus*), blackthorn (*Prunus spinosa*) and red raspberry (*Rubus idaeus*) for kombucha beverage production. Journal of Food Measurement and Characterization, 13, 1524-1536.
- Uyan Ersus, S., 2004. Kara Havuç (*Daucus Carota* L.) Antosiyanin Ekstraktının Püskürtmeli Kurutucu Kullanılarak Mikroenkapsülasyonu. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ünal, M.Ü., Bellur, E., 2009. Extraction and characterisation of pectin methylesterase from black carrot (*Daucus carota* L.). Food Chemistry, 116, 836-840.
- Yılmaz, F.M., Ersus-Bilek, S., 2017. Natural colorant enrichment of apple tissue with black carrot concentrate using vacuum impregnation. International Journal of Food Science and Technology, 52, 1508-1516.
- Yılmaz, F.M., Ersus Bilek, S., 2018. Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics. Ultrasonics Sonochemistry, 48, 509-516.

Yılmaz, E., Onsekizoglu Bagcı, P., 2018. Production of phytotherapeutics from broccoli juice by integrated membrane processes. *Food Chemistry*, 242, 264-271.



**ÖZ GEÇMİŞ****Kişisel Bilgiler**

Soyadı, Adı : LAFCI, Büşra  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 1992 - Alaca  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 541 901 37 88  
E-posta : bsrlfc92@gmail.com

**Eğitim**

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Alaca Mehmet Çelik Anadolu Lisesi	2009

**Yabancı Dil**

İngilizce