

**T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARADUT SUYU VE KONSANTRESİ ÜRETİMİNDE
MEMBRAN PROSES UYGULAMALARININ
ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİ**

Işıl KARAGÖZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. K. Savaş BAHÇECİ**

**ŞUBAT 2019
ÇORUM**

**KARADUT SUYU VE KONSANTRESİ ÜRETİMİNDE
MEMBRAN PROSES UYGULAMALARININ ÜRÜN
KALİTESİNE ETKİLERİ**

Işıl KARAGÖZ

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

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

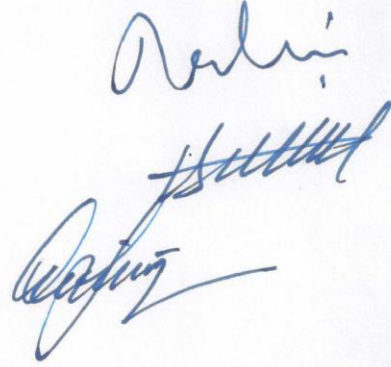
Çorum 2019

Işıl KARAGÖZ tarafından hazırlanan “Karadut Suyu ve Konsantresi Üretiminde Membran Proses Uygulamalarının Ürün Kalitesine Etkileri” adlı tez çalışması 11.10.2019 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 (Danışman)

Doç. Dr. Bülent KABAK (Üye)

Doç. Dr. Ali TOPCU (Üye)



Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 22/03/2019... tarih ve 2019/66... sayılı kararı ile Işıl KARAGÖZ’ün 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.

Işıl KARAGÖZ



KARADUT SUYU VE KONSANTRESİ ÜRETİMİNDE MEMBRAN PROSES UYGULAMALARININ ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİ

Işıl KARAGÖZ

HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2019

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, karadut suyu konsantrasyonu amacıyla geleneksel termal evaporasyon yöntemine alternatif olarak ozmotik destilasyon, membran destilasyon ve her iki sistemin bir arada gerçekleştirildiği tümleşik membran prosesleri gibi uygulamalardan yararlanılması üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda termal evaporasyon ile birlikte farklı membran sistemleri ile konsantrasyonun ürün karakteristikleri üzerine etkileri pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde, hidrokümetil furfural (HMF), antosiyaninler, antosiyanin parçalanma ölçütleri, antioksidan kapasite, şeker ve renk gibi özellikler üzerinden karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra üretim sırasında berraklaştırma amacıyla geleneksel durultma yerine ultrafiltrasyon uygulaması ve karadut suyu örneklerinin farklı depolama koşullarında muhafaza edilmesinin bazı ürün karakteristikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Karadut suyunun konsantrasyonu amacıyla geleneksel termal evaporasyon ve membran sistemleri kıyaslandığında, özellikle örneklerin toplam monomerik antosiyanin, polimerik renk oranı, antioksidan kapasite ve HMF düzeyleri açısından membran sistemleri uygulamasının çok daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Termal evaporasyon ile konsantre edilen örneklerdeki toplam antosiyanin miktarı, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklere göre yaklaşık %50 daha düşük iken, polimerik renk oranı ise ortalama 2,5 kat daha fazladır. Membran sistemleri ile konsantrasyonda HMF oluşumu tespit edilmemiştir. Membran konsantrasyon yöntemlerinin kendi içerisinde karşılaştırılmasında ise aralarında önemli bir farklılık

gözenmemiştir. Karadut suyu üretiminde berraklaştırma amacıyla ultrafiltrasyonun başarılı bir şekilde uygulanabileceği, bu noktada kullanılan ultrafiltrasyon membranının gözenek çapının ürün karakteristikleri üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Farklı depolama koşullarında karadut suyunun bazı fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi noktasında da özellikle sıcaklığın çok önemli bir faktör olduğu ve ürünün kalite özellikleri açısından depolama sıcaklığının düşük tutulmasının yararlı olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karadut, karadut suyu, konsantrasyon, ultrafiltrasyon, membran destilasyon, ozmotik destilasyon

**EFFECTS OF MEMBRANE PROCESS APPLICATIONS ON PRODUCT
QUALITY AT BLACK MULBERRY JUICE AND CONCENTRATE
PRODUCTION**

Işıl KARAGÖZ

HITIT UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2019

ABSTRACT

In this study, as an alternative to traditional thermal evaporation, osmotic distillation, membrane distillation and integrated membrane processes in which both systems were performed were investigated for the concentration of black mulberry juice. In this context, the effects of concentration by different membrane systems and thermal evaporation were compared in terms of pH, total acidity, total phenolics, hydroxymethyl furfural (HMF), anthocyanins, anthocyanin degradation products, antioxidant capacity, sugar and colour. The effects of ultrafiltration instead of traditional fining for juice clarification and different storage conditions of black mulberry juice samples on some product characteristics were also investigated. When conventional thermal evaporation and membrane systems for the concentration of black mulberry juice were compared, application of membrane systems found to be much more advantageous especially for total monomeric anthocyanin, polymeric colour ratio, antioxidant capacity and HMF levels. The total anthocyanin content in samples concentrated by thermal evaporation is approximately 50% lower than the samples concentrated by membrane systems while the polymeric colour ratio is about 2.5 times higher. No HMF formation was detected in samples concentrated by membrane systems. There was no significant difference between the membrane concentration methods. It has been determined that ultrafiltration can be applied successfully for the clarification in the production of black mulberry juice, and the pore size of ultrafiltration membrane used has an effective on the product

characteristics. At the point of examining the changes in some physicochemical properties of the black mulberry juice under different storage conditions, it has been determined that temperature is a very important factor, and it is beneficial to keep the storage temperature low in terms of quality characteristics of the product.

Keywords: Black mulberry, black mulberry juice, concentration, ultrafiltration, membrane distillation, osmotic distillation



TEŞEKKÜR

Araştırmamın gerçekleştirilmesinde hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak değerli görüş ve bilgisiyle beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. K. Savaş BAHÇECİ'ye,

Tecrübelerinin yanısıra manevi desteğini benimle paylaşarak her zaman yanımda olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nihal GÜZEL'e,

Her türlü desteklerinden dolayı bölüm hocalarımız Sayın Doç. Dr. Bülent KABAK, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nedim ALBAYRAK ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY'a,

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

Maddi manevi desteklerini her koşulda hissettiren ve tükenmeyen sevgileriyle hep arkamda olan sevgili annem ve babama, eşim Rıza Hakan KARAGÖZ'e ve kızıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasına, MUH19004.15.003 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı, Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatrlęi'ne teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.2. Berrak Karadut Suyu Üretimi ve Konsantrasyonu.....	22
3.3. Depolama Çalışmaları	27
3.4. Fizikokimyasal Analizler	27
3.4.1. pH analizi	27
3.4.2. Toplam asitlik tayini.....	27
3.4.3. Toplam fenolik madde analizi.....	27
3.4.4. Antosiyanin analizi.....	28
3.4.5. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini	29
3.4.6. Antioksidan aktivite analizi.....	31
3.4.7. HMF analizi.....	31
3.4.8. Şeker analizi	33

Sayfa

3.5. İstatistiksel Analizler	33
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	35
4.1. Farklı Berraklaştırma ve Konsantrasyon Yöntemlerinin Karadut Suyu Analitik Özellikleri Üzerine Etkileri	35
4.2. Depolama Sürecinde Karadut Suyunun Bazı Fizikokimyasal Özelliklerindeki Değişim	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	74
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Karadutun çeşitli fiziko-kimyasal özellikleri.....	7
Çizelge 2.2. Karadutun organik asit içeriği.....	8
Çizelge 2.3. Karadutun şeker içeriği.....	9
Çizelge 2.4. Karadutun fenolik bileşen içeriği.....	10
Çizelge 2.5. Karadutun mineral madde içeriği.....	11
Çizelge 2.6. Meyve sularının konsantrasyonu amacıyla geleneksel evaporasyon ve membran konsantrasyon uygulamalarının sistem performansı üzerine etkileri.....	21
Çizelge 3.1. Konsantrasyon amacıyla kullanılan kapiler membran modülünün özellikleri.....	26
Çizelge 4.1. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin pH, titrasyon asitliği ve toplam fenolik madde içerikleri.....	36
Çizelge 4.2. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun pH değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	38
Çizelge 4.3. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun pH değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	38
Çizelge 4.4. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun toplam asitlik değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	40
Çizelge 4.5. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun toplam asitlik değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	40
Çizelge 4.6. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun toplam fenolik madde değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	42
Çizelge 4.7. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun toplam fenolik madde değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	43

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.8. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin antosiyanin miktarları ile renk yoğunluğu, polimerik renk ve polimerik renk oranı değerleri	44
Çizelge 4.9. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	46
Çizelge 4.10. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun toplam monomerik antosiyanin içerikleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	48
Çizelge 4.11. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun renk yoğunluğu değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	50
Çizelge 4.12. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun polimerik renk değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	51
Çizelge 4.13. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun polimerik renk oranları üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	52
Çizelge 4.14. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun renk yoğunluğu değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu.....	53
Çizelge 4.15. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun polimerik renk değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	55
Çizelge 4.16. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun polimerik renk oranları üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	57
Çizelge 4.17. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin antioksidan kapasite, HMF, fruktoz ve glukoz içerikleri	58
Çizelge 4.18. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun antioksidan kapasite içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	59

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.19. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun antioksidan kapasite içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	61
Çizelge 4.20. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun fruktoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	65
Çizelge 4.21. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun fruktoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	65
Çizelge 4.22. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun glukoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	66
Çizelge 4.23. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun glukoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu	66
Çizelge 4.24. Farklı koşullarda depolanan karadut sularında antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Farklı dut türlerinin coğrafi dağılımı	4
Şekil 2.2. Türkiye’de dut üretim alanları	5
Şekil 2.3. Türkiye’de yıllara göre dut üretim miktarları	5
Şekil 2.4. Karadut meyveleri.....	6
Şekil 2.5. Karadut ve diğer bazı meyvelerin çeşitli mineral içerikleri açısından karşılaştırılması.....	12
Şekil 2.6. Karadutta başat olarak bulunan antosiyaninlerin kimyasal yapıları	14
Şekil 2.7. Karadut ve diğer bazı meyvelerin çeşitli mineral içerikleri açısından karşılaştırılması.....	16
Şekil 2.8. Ozmotik ve membran destilasyon sistemlerinde kütle aktarım mekanizması	20
Şekil 3.1. Geleneksel termal evaporasyon ve membran sistemlerinden yararlanılarak berrak karadut suyu konsantresi üretim akım şeması.....	23
Şekil 3.2. Karadut berraklaştırması amacıyla kullanılan ultrafiltrasyon düzeneği	24
Şekil 3.3. Membran destilasyon sistemi.....	25
Şekil 3.4. Ozmotik destilasyon sistemi	25
Şekil 3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	28
Şekil 3.6. (a) HMF standardına ve (b) geleneksel yöntemle konsantre edilen karadut suyuna ait HPLC kromatogramları.....	32
Şekil 3.7. (a) Şeker standartlarına ve (b) ozmotik destilasyon yöntemi ile konsantre edilen karadut suyuna ait HPLC kromatogramları	34
Şekil 4.1. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin ortalama pH değerleri	37
Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin ortalama pH değerleri	37

Şekil	Sayfa
Şekil 4.3. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri	39
Şekil 4.4. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri	39
Şekil 4.5. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri.....	41
Şekil 4.6. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri.....	43
Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri.....	45
Şekil 4.8. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri.....	47
Şekil 4.9. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri.....	49
Şekil 4.10. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin polimerik renk değerleri.....	50
Şekil 4.11. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin polimerik renk oranları.....	51
Şekil 4.12. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri.....	53
Şekil 4.13. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin polimerik renk değerleri.....	54
Şekil 4.14. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin polimerik renk oranları.....	56
Şekil 4.15. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri.....	59
Şekil 4.16. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri.....	60

Şekil	Sayfa
Şekil 4.17. Karadut suyu örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasiteleri arasındaki ilişki	62
Şekil 4.18. Karadut suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin ve antioksidan kapasiteleri arasındaki ilişki.....	63
Şekil 4.19. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin fruktoz ve glukoz miktarları	64
Şekil 4.20. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin fruktoz ve glukoz miktarları	64
Şekil 4.21. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince pH değerlerindeki değişim	67
Şekil 4.22. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince titrasyon asitliği değerlerindeki değişim	68
Şekil 4.23. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim	69
Şekil 4.24. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince toplam monomerik antosiyanin içeriğindeki değişim	70
Şekil 4.25. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince 1. derece reaksiyon kinetiğine göre toplam monomerik antosiyanin içeriğindeki değişim	71
Şekil 4.26. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince polimerik renk oranı değerlerindeki değişim.....	72
Şekil 4.27. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince antioksidan kapasite içeriklerindeki değişim	73

SİMGELER VE KISALTMALAR**Kısaltmalar**

ABTS	2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)
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

Vitamin ve mineral içerikleri yanında sağlık açısından faydalı pekçok diğer bileşenleri de önemli oranda içeren meyve suları, yüksek besin değerine sahip içecekler olarak kabul edilmektedir. Meyve sularının mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan stabiliteilerinin sağlanabilmesi için daha çok konsantre edilerek muhafaza edildiği görülmektedir. Böylelikle aynı zamanda nakliye ve depolama maliyetlerinin de azaltılması söz konusu olmaktadır. Günümüzde meyve sularının konsantrasyonu genel olarak termal evaporasyon yöntemi ile gerçekleştirilmekte olup, söz konusu sistem vakum altında çalışsa dahi uygulanan sıcaklığa bağlı olarak üründe az veya çok kalite kayıpları meydana gelmektedir. Bu anlamda özellikle pişmiş tat oluşumu, flavor kaybı, renkte bozulmalar ve diğer bazı besinsel özelliklerde azalmalar söz konusudur. Bunun yanında yine uygulanan ısı ile işleme bağlı olarak hidroksimetil furfural (HMF) gibi arzu edilmeyen oluşumlar meydana gelebilmektedir. Son dönemlerdeki tüketici eğilimi, duyu ve besinsel özelliklerden dolayı daha çok taze sıkılmış meyve suları yönünde olduğundan, meyve suyu ve konsantresi üretim aşamalarında da taze ürün özelliklerinin maksimum düzeyde muhafaza edildiği sistemlere yönelik araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu anlamda kullanılabilecek potansiyel yöntemlerden olan ters ozmoz uygulaması ile yüksek kalitede ürün elde edilebilmekle birlikte, yüksek ozmotik basıncın yarattığı sınırlamalar nedeniyle en fazla 20-30°Bx düzeyine ulaşabilmektedir. Söz konusu briks değerleri ise geleneksel termal evaporasyon ile elde edilen ve mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan stabilitenin sağlandığı 65-70°Bx ile kıyaslandığında oldukça düşük kalmaktadır. Son dönemlerde gerçekleştirilen çalışmalarda ise meyve suyu konsantrasyonunda membran destilasyon ve ozmotik destilasyon gibi yöntemlerden yararlanılmasının ters ozmozda karşılaşılan sınırlamaların da üstesinden gelebilen önemli alternatifler olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bu tez çalışması kapsamında karadut suyu konsantresi üretiminde membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik membran sistemlerinin kullanımı ve elde edilen ürün karakteristiklerinin geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile karşılaştırılması konusunda araştırmalar gerçekleştirilmiştir.

Konsantrasyon prosesi dışında ürün karakteristikleri üzerine durultma ve berraklaştırma aşamasının da oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Bu noktada da meyve sularının berraklaştırılmasında geleneksel olarak kullanılan jelatin-bentonit uygulaması ile farklı gözenek büyüklüğüne sahip membranların kullanıldığı ultrafiltrasyonunun karşılaştırılması amaçlanmıştır. Yine farklı depolama koşullarının ürünün bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri de çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

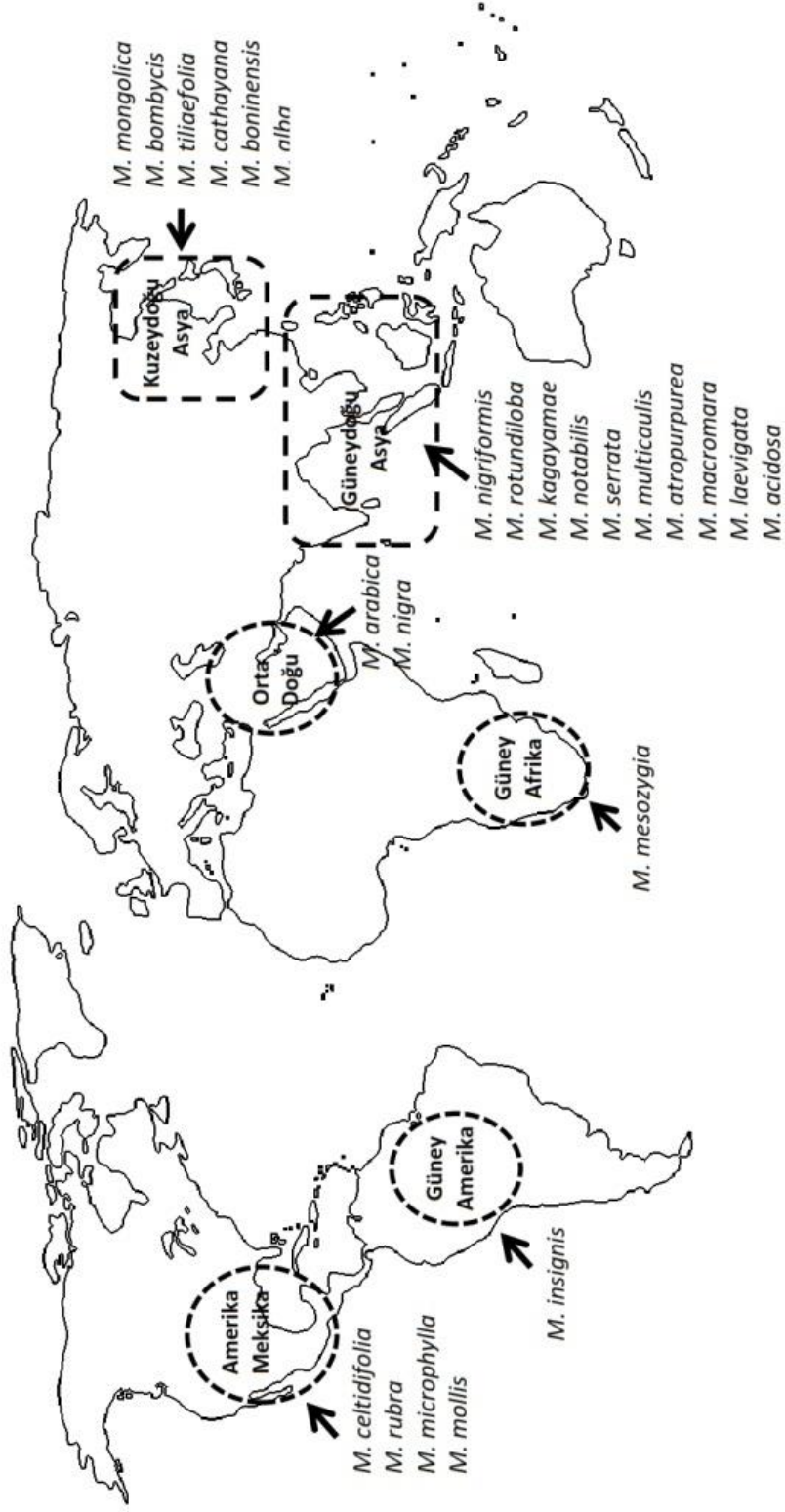
Sağlık üzerine olumlu etkilerinin ortaya konması ile son zamanlarda karadut suyuna olan ilgi artmaya başlamıştır. Buna paralel olarak karadut suyu ve konsantresi üretimi ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalarda ise üretim prosesinin ve özellikle de ısıtma işlemlerinin uygulama derecesine bağlı olarak ürün bileşenlerine önemli düzeylerde etki ettiği belirlenmiştir. Ortaya çıkabilecek olumsuz etkilerin minimize edilmesini sağlama potansiyeline sahip membran sistemlerinin kullanımı noktasındaki çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında söz konusu literatür boşluğunun doldurulmasına çalışılmış, meyve suyu ve konsantresi üretiminde membran sistemlerinden yararlanılması ve konsantrasyon sürecindeki uygulamaların endüstriye adaptasyonu açısından alt yapı oluşumuna ve bundan sonra konu ile ilgili gerçekleştirilecek araştırmalara katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

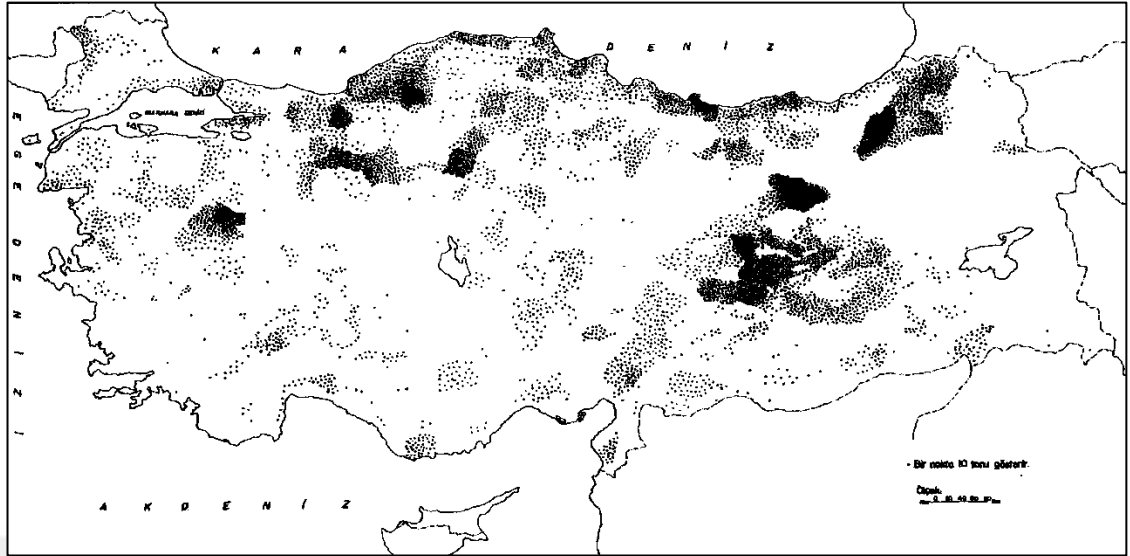
Dut, Moraceae familyası içerisinde *Morus* cinsine ait olup, 24 tür ile bir alt türe ve 100'den fazla varyeteye sahiptir (Ercişli ve Orhan, 2007; Hojjatpanah ve ark., 2011; Fazaeli ve ark., 2013a). Kuzey yarım kürenin subtropik bölgelerinden Güney yarım kürenin tropik bölgelerini içine alan çok çeşitli iklim ve toprak koşullarında, deniz kenarından 4000 m yüksekliğe kadar geniş bir coğrafyada yetişebilmektedir (Fazaeli ve ark., 2013a). Dilbilimsel, etnolojik, taksonomik ve coğrafi veriler dikkate alındığında dut türlerinin çok büyük bir kısmının Asya (özellikle Çin ve Japonya) kökenli olduğu, buna karşılık Afrika ve Avrupa'da bu anlamda daha az tür bulunduğu görülmektedir (Şekil 2.1) (Sharma ve ark., 2000).

Yaprakları geleneksel olarak ipekböcekçiliğinde kullanıldığı için dut, ekonomik olarak son derece değerli bir bitki konumunda olmuştur. Bunun yanı sıra yüksek protein içeriğine sahip dut yaprakları, kurutulup öğütüldükten sonra "paratha" adı verilen geleneksel Hindistan gıdası üretiminde de kullanılmaktadır (Srivastava ve ark., 2003; Sanchez-Salcedo ve ark., 2015). Yine geleneksel Çin tıbbında, kandaki kolesterol ve serum glukoz düzeyini düşürücü etkilerinden dolayı dut yapraklarının kullanıldığı belirtilmektedir (Priya, 2012). Ayrıca Kore ve Japonya gibi Asya ülkelerinde dut yapraklarının çay yapımında yaygın olarak kullanıldığı ifade edilmektedir (Katsube ve ark., 2009; Tahbti ve ark., 2012). Dut ağacının yaprakları yanında kabuk ve dallarının da geleneksel Çin tıbbında tedavi edici olarak ateş düşürme, gözlerin daha iyi görmesini sağlama, karaciğer korunması ve eklemlerin güçlendirilmesi gibi çeşitli amaçlarla kullanıldığı da rapor edilmektedir (Targhi ve ark., 2017).

Ülkemizde dut üretimi daha çok meyveleri için gerçekleştirilmekte olup, toprak seçiciliğinin yüksek olmaması dolayısıyla hemen hemen her yörede yetiştirildiği görülmektedir (Şekil 2.2). Bununla birlikte özellikle Karadeniz Bölgesi ile Erzincan, Erzurum, Malatya ve Elazığ yörelerinde daha yüksek düzeyde üretim gerçekleştiği görülmektedir (Durmuş, 2001).

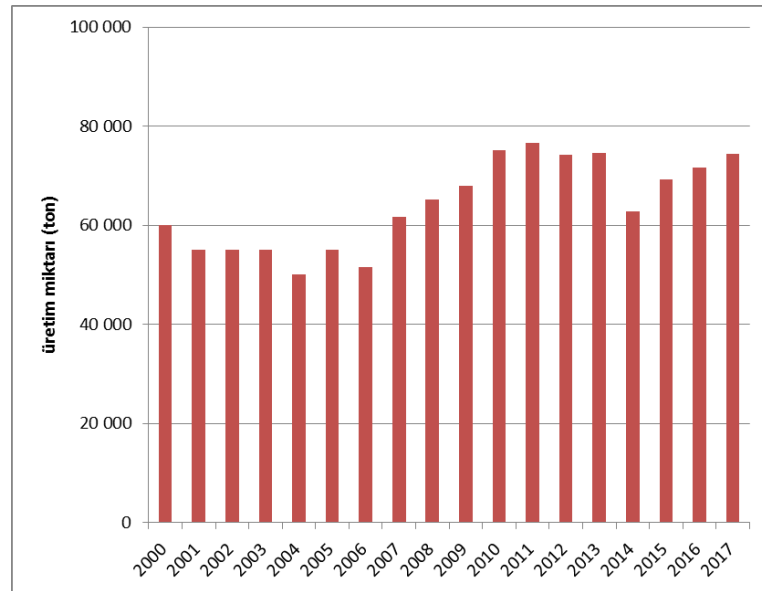


Şekil 2.1. Farklı dut türlerinin coğrafi dağılımı (Sharma ve ark., 2000)



Şekil 2.2. Türkiye’de dut üretim alanları (Durmuş, 2001)

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemizde yetiştirilen dut miktarı son 10 yıl içerisinde 60-75 bin ton seviyelerinde olup bunun %90’dan fazlasını beyaz dut (*Morus alba*) oluşturmaktadır (Şekil 2.3) (TÜİK, 2018).



Şekil 2.3. Türkiye’de yıllara göre dut üretim miktarları (TÜİK, 2018)

Dut türleri içerisinde beyaz dut ile birlikte kırmızı dut (*Morus rubra*) ve karadut (*Morus nigra*) ön plana çıkmaktadır. Bunlar içerisinde özellikle karadut, sağlık açısından yararlı özelliklerinin ortaya konması ile birlikte üzerinde daha fazla durulan bir meyve haline gelmeye başlamıştır. Karadut İran orijinli bir tür olup, Haziran-Ağustos arasında hasat edilmektedir. Genellikle 1-4 cm uzunluğunda oval şekilli, tamamen olgunlaşmadan önce parlak kırmızı renkli ve olgunlaşınca ise siyah renkli bir meyvedir (Şekil 2.4). Ülkemizde ağız içi lezyonların tedavisinde geleneksel olarak kullanılmakta olan karadutun (Koyuncu, 2004), bazı mikroorganizmalara karşı inhibe edici etki gösterdiği (Minhas ve ark., 2016; Budiman ve ark., 2017; Karabıyıklı ve ark., 2017), bunun yanında çeşitli hastalıklara karşı da etkili olduğu noktasında araştırmalar mevcuttur (Chen ve ark., 2016; Turgut ve ark., 2016; Jiang ve ark., 2017; Targhi ve ark., 2017).



Şekil 2.4. Karadut meyveleri

Karadutun sağlık üzerine olumlu etkilerinin ortaya konması ile birlikte, bu meyvenin çeşitli fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi üzerine çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu anlamda gerçekleştirilen çeşitli çalışmalardan derlenen karadutun suda çözünür kuru madde, pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, toplam antosiyanin, C vitamini ve antioksidan aktivite içerikleri Çizelge 2.1’de, organik asit içeriği Çizelge 2.2’de, fenolik bileşenler Çizelge 2.3’de, şeker içeriği Çizelge 2.4’de ve mineral madde içeriği de Çizelge 2.5’de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Karadutun çeşitli fiziko-kimyasal özellikleri

Suda çözünür kuru madde (%)	13,11-16,23	Koyuncu ve ark., 2004
	12,00-25,80	Calin-Sanchez ve ark., 2013
	16,7	Ercisli ve Orhan, 2007
	16,95-18,40	Ercisli ve ark., 2010
	15,20-19,35	Ercisli ve Orhan, 2007
pH	3,22-3,47	Koyuncu ve ark., 2004
	3,60-3,80	Elmacı ve Altuğ, 2002
	5,95-7,39	Calin-Sanchez ve ark., 2013
	3,52	Ercisli ve Orhan, 2007
	3,43-3,66	Ercisli ve Orhan, 2008
Toplam asitlik (%)	1,35-1,86	Koyuncu ve ark., 2004
	1,51-1,79	Elmacı ve Altuğ, 2002
	0,93-2,65	Calin-Sanchez ve ark., 2013
	1,40	Ercisli ve Orhan, 2007
	1,64-1,97	Ercisli ve ark., 2010
Toplam fenolik madde (mg/kg)	1,59-2,88	Özgen ve ark., 2009
	920-1800	Calin-Sanchez ve ark., 2013
	1422 mg GAE/100g	Ercisli ve Orhan, 2007
	1943-2237 mgGAE/100g	Ercisli ve Orhan, 2008
	1826-2483	Ercisli ve ark., 2010
Toplam flavonoid	1122-1520	Özgen ve ark., 2009
	1766-3488	Mikulic-Petkovsek ve ark., 2012
	1749±93	
	276 mg QE/100 g	Ercisli ve Orhan, 2007
	150,8 mg RE/100g	Radojkovic ve ark., 2012
Toplam antosiyanin	674-787 mg/kg Cy 3-glu	Ercisli ve ark., 2010
	10-1880 mg/kg	Sanchez-Salcedo ve ark., 2015
	253-830	Özgen ve ark., 2009
Askorbik asit	2,80-23,00 µg/g	Koyuncu ve ark., 2004
	13,16±0,03 mg/100g	Akin ve ark., 2016
	21,8 mg/100g	Ercisli ve Orhan, 2007
	12,74±0,06 mg/100g	Gecer ve ark., 2016
	18,10-22,60 mg/100 mL	Ercisli ve ark., 2010
	10,12-16,29 mg/100g	Eyduran ve ark., 2015
Antioksidan kapasite	11,30±0,24 mg/100g	Gundogdu ve ark., 2011
	12,23±0,06 µmol TEAC/g	Akin ve ark., 2016
	9,17±0,04 µmol TEAC/g	Gecer ve ark., 2016
	12,26-14,11 µmol TE/g (FRAP)	Ercisli ve ark., 2010
	16,22-21,17 µmol TE/g (DPPH)	Ercisli ve ark., 2010
	10,17-14,40 µmol TE/g (ABTS)	Eyduran ve ark., 2015
	6,8-14,4 µmol TE/g	Özgen ve ark., 2009
	14,00±0,01 µmol TE/g	Gundogdu ve ark., 2011

Çizelge 2.2. Karadutun organik asit içeriği

Bileşen	Konsantrasyon	Kaynak
Sitrik asit (g/100g)	0,55-2,34	Koyuncu, 2004
	1,16±0,03	Akin ve ark., 2016
	0,82±0,36	Gecer ve ark., 2016
	0,73-1,03	Eyduran ve ark., 2015
	1,15-2,68	Özgen ve ark., 2009
	0,14-0,66	Sanchez ve ark., 2014
	1,08±0,00	Gundogdu ve ark., 2011
	0,45±0,04	Mikulic-Petkovsek ve ark., 2012
Tartarik asit (g/100g)	0,30-0,55	Koyuncu, 2004
	0,23±0,02	Akin ve ark., 2016
	0,29±0,01	Gecer ve ark., 2016
	0,15-0,30	Eyduran ve ark., 2015
	0,03-0,04	Sanchez ve ark., 2014
	0,12±0,00	Gundogdu ve ark., 2011
Malik asit (g/100g)	3,54-19,85	Koyuncu, 2004
	1,95±0,01	Akin ve ark., 2016
	3,07±0,07	Gecer ve ark., 2016
	1,21-3,04	Eyduran ve ark., 2015
	0,10-0,23	Özgen ve ark., 2009
	0,41-0,79	Sanchez ve ark., 2014
	1,32±0,00	Gundogdu ve ark., 2011
0,07±0,01	Mikulic-Petkovsek ve ark., 2012	
Okzalik asit	0,34-1,18 mg/g	Koyuncu, 2004
Süksinik asit (g/100g)	0,14±0,01	Akin ve ark., 2016
	0,11±0,00	Gecer ve ark., 2016
	0,12-0,36	Eyduran ve ark., 2015
	0,34±0,00	Gundogdu ve ark., 2011
Fumarik asit (g/100g)	0,02±0,00	Akin ve ark., 2016
	0,12±0,01	Gecer ve ark., 2016
	0,01-0,11	Eyduran ve ark., 2015
	0,01-0,07	Sanchez ve ark., 2014
	0,01±0,00	Gundogdu ve ark., 2011
	0,01	Mikulic-Petkovsek ve ark., 2012

Çizelge 2.3. Karadutun şeker içeriği

Bileşen	Konsantrasyon	Kaynak
Fruktoz (g/100g)	8,61±0,05	Akin ve ark., 2016
	8,16±0,04	Gecer ve ark., 2016
	4,16-7,18	Eyduran ve ark., 2015
	4,86-6,41	Özgen ve ark., 2009
	4,82-11,70	Sanchez ve ark., 2014
	5,63±0,01	Gundogdu ve ark., 2011
	3,99±0,47	Mikulic-Petkovsek ve ark., 2012
Glukoz (g/100g)	9,18±0,04	Akin ve ark., 2016
	9,55±0,05	Gecer ve ark., 2016
	6,17-8,57	Eyduran ve ark., 2015
	5,50-7,12	Özgen ve ark., 2009
	3,19-7,45	Sanchez ve ark., 2014
	7,45±0,00	Gundogdu ve ark., 2011
	3,68±0,48	Mikulic-Petkovsek ve ark., 2012
Sukroz	0,01-0,05	Özgen ve ark., 2009

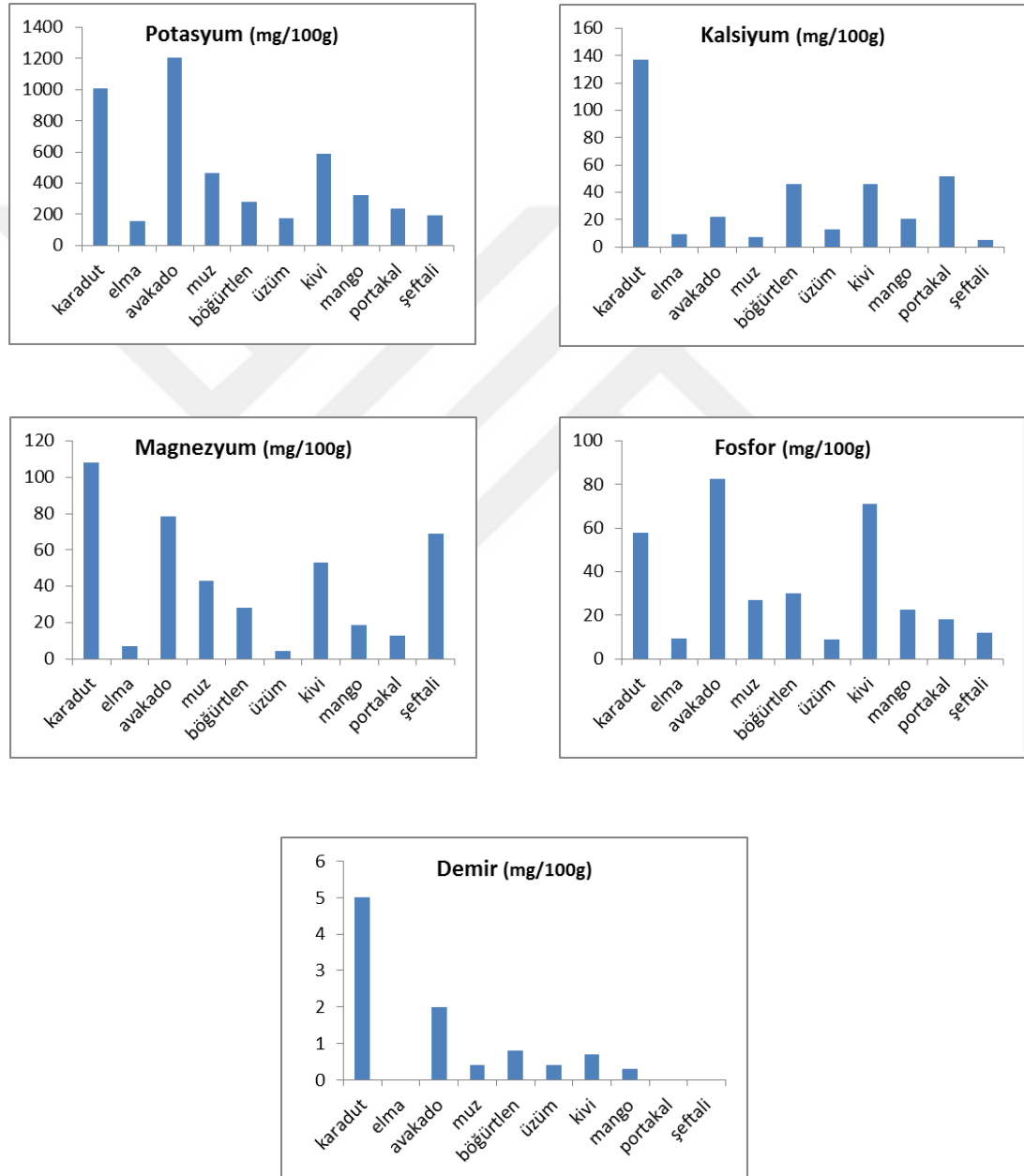
Çizelge 2.4. Karadutun fenolik bileşen içeriği

Fenolik bileşen	Konsantrasyon	Kaynak
Kateşin (mg/g)	0,063±0,003	Akin ve ark., 2016
	0,064±0,002	Gecer ve ark., 2016
	0,046-0,085	Eyduran ve ark., 2015
	0,075±0,000	Gundogdu ve ark., 2011
Rutin (mg/g)	1,334±0,005	Akin ve ark., 2016
	1,222±0,007	Gecer ve ark., 2016
	0,820-1,365	Eyduran ve ark., 2015
	1,423±0,036	Gundogdu ve ark., 2011
Kuersetin (mg/g)	0,065±0,001	Akin ve ark., 2016
	0,164±0,002	Gecer ve ark., 2016
	0,067-0,137	Eyduran ve ark., 2015
	0,113±0,021	Gundogdu ve ark., 2011
Klorojenik asit (mg/g)	2,126±0,008	Akin ve ark., 2016
	0,859±0,005	Gecer ve ark., 2016
	0,759-2,339	Eyduran ve ark., 2015
	0,35-3,18	Sanchez-Salcedo ve ark., 2015
Ferulik asit (mg/g)	3,106±0,004	Gundogdu ve ark., 2011
	0,024±0,001	Akin ve ark., 2016
	0,062±0,001	Gecer ve ark., 2016
	0,023-0,063	Eyduran ve ark., 2015
o-Kumarik asit (mg/g)	0,01-0,03	Sanchez-Salcedo ve ark., 2015
	0,064±0,001	Gundogdu ve ark., 2011
	0,166±0,003	Akin ve ark., 2016
	0,045±0,001	Gecer ve ark., 2016
p-Kumarik asit (mg/g)	0,034-0,129	Eyduran ve ark., 2015
	0,134±0,001	Gundogdu ve ark., 2011
	0,061±0,001	Akin ve ark., 2016
	0,015±0,001	Gecer ve ark., 2016
Kafeik asit (mg/g)	0,035-0,111	Eyduran ve ark., 2015
	0,02-0,04	Sanchez-Salcedo ve ark., 2015
	0,129±0,002	Gundogdu ve ark., 2011
	0,108±0,001	Akin ve ark., 2016
Gallik asit (mg/g)	0,138±0,002	Gecer ve ark., 2016
	0,094-0,158	Eyduran ve ark., 2015
	0,01-0,02	Sanchez-Salcedo ve ark., 2015
	0,131±0,001	Gundogdu ve ark., 2011
Gallik asit (mg/g)	0,429±0,004	Akin ve ark., 2016
	0,118±0,003	Gecer ve ark., 2016
	0,105-0,410	Eyduran ve ark., 2015
	0,150±0,003	Gundogdu ve ark., 2011

Çizelge 2.5. Karadutun mineral madde içeriği

Mineral madde	Konsantrasyon	Kaynak
Fosfor (mg/100g)	232	Ercisli ve Orhan, 2007
	218-334	Ercisli ve ark., 2010
	150-228	Koyuncu ve ark., 2014
Potasyum (mg/100g)	922	Ercisli ve Orhan, 2007
	873-1314	Ercisli ve ark., 2010
	1300	Khalid ve ark., 2011
	599-1264	Koyuncu ve ark., 2014
Kalsiyum (mg/100g)	132	Ercisli ve Orhan, 2007
	129-145	Ercisli ve ark., 2010
	150	Khalid ve ark., 2011
	21-45	Koyuncu ve ark., 2014
Magnezyum (mg/100g)	106	Ercisli ve Orhan, 2007
	98-114	Ercisli ve ark., 2010
	130	Khalid ve ark., 2011
	92-152	Koyuncu ve ark., 2014
Sodyum (mg/100g)	59	Ercisli ve Orhan, 2007
	51-64	Ercisli ve ark., 2010
	160	Khalid ve ark., 2011
	205-329	Koyuncu ve ark., 2014
Demir (mg/100g)	4,2	Ercisli ve Orhan, 2007
	5-6	Ercisli ve ark., 2010
	40	Khalid ve ark., 2011
	4,5-10,6	Koyuncu ve ark., 2014
Bakır (mg/100g)	0,4	Ercisli ve Orhan, 2007
	0,2-0,6	Koyuncu ve ark., 2014
Mangan (mg/100g)	4,2	Ercisli ve Orhan, 2007
	6-8	Ercisli ve ark., 2010
	7	Khalid ve ark., 2011
	3,8-12,7	Koyuncu ve ark., 2014
Çinko (mg/100g)	3,2	Ercisli ve Orhan, 2007
	2-4	Ercisli ve ark., 2010
	45	Khalid ve ark., 2011
	2,1-4,4	Koyuncu ve ark., 2014

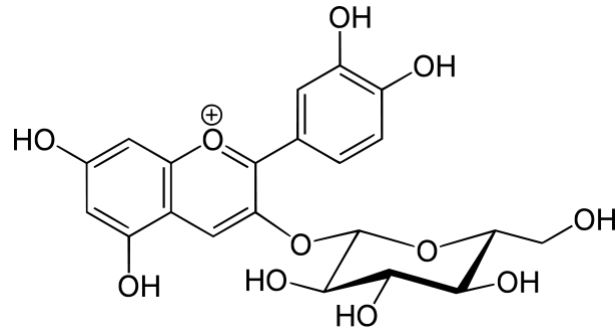
Karadutun özellikle mineral madde içeriği noktasında diğer pek çok meyveye kıyasla daha zengin bir içeriğe sahip olduğu bildirilmektedir. Nitekim Ercisli ve ark (2010) tarafından ortaya konan veriler grafiğe geçirildiğinde belli başlı mineraller açısından karadutun çalışma kapsamında yer alan diğer meyvelere kıyasla genel olarak oldukça yüksek mineral madde içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 2.5).



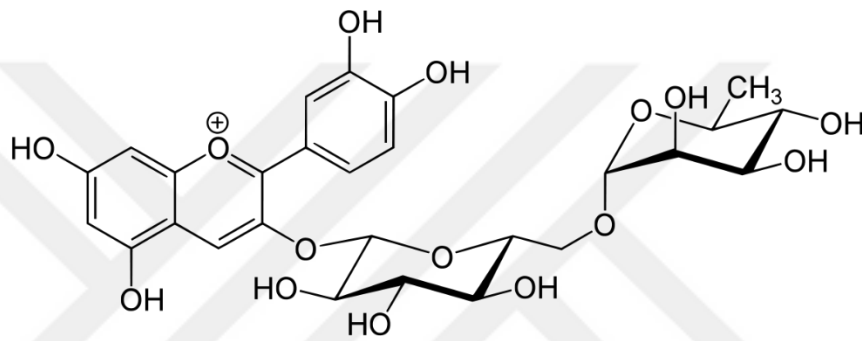
Şekil 2.5. Karadut ve diğer bazı meyvelerin çeşitli mineral içerikleri açısından karşılaştırılması

Karadut meyvesinin yüksek mineral içeriği yanında insan vücudunda sentezlenemeyen esansiyel yağ asitlerini de yapısında bulundurduğu ifade edilmektedir. Bu anlamda çeşitli fizyolojik ve biyolojik fonksiyonların düzenlenmesinde önemli rolleri olan esansiyel yağ asitlerinden özellikle linoleik asit açısından zengin olduğu bildirilmektedir (Gecgel ve ark., 2011; Sanchez-Salcedo ve ark., 2016).

Tüm bu özelliklerinin yanında karadutun sağlık açısından esas yararlı yönünün, sahip olduğu antioksidan özelliklere sahip bileşenlerden kaynaklandığı rapor edilmektedir (Naderi ve ark., 2004; Kutlu ve ark., 2011). Bilindiği üzere antioksidanlar, serbest radikallerin biyomoleküllerde meydana getirdiği oksidatif hasarların engellenmesi noktasında çok önemli rollere sahiptir (Yiğit ve ark., 2008). Bu noktada antioksidan özelliğe sahip biyoaktif bileşenler içerisinde fenolik maddelerin önemli bir yer tuttuğu ve serbest radikalleri söndürme özellikleri sayesinde belirli hastalıkların önlenmesinde ana rolü üstlendiği ifade edilmektedir (Hojjatpanah ve ark. 2011; Mena ve ark., 2016). Karadut açısından bakıldığında ise fenolik bileşenlerden meyveye rengini de veren antosiyaninlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Yapılan araştırmalarda karadut antosiyaninleri içerisinde siyanidin-3-glukozid ve siyanidin-3-rutinozid başlıca antosiyaninler olarak belirtilmektedir (Şekil 2.6) (Suh ve ark., 2003; Koca ve ark., 2008; Hojjatpanah ve ark., 2011; Kamiloglu ve ark., 2013). Antosiyaninler duyarlı bileşenler olup, ışık, pH, depolama sıcaklığı ve uygulanan ısı işlemlere bağlı olarak bozunma gerçekleşebilir (Fazaeli ve ark., 2013b; Boranbayeva ve ark., 2014; Jiang ve ark., 2014).



(a) Siyanidin-3-glukozid

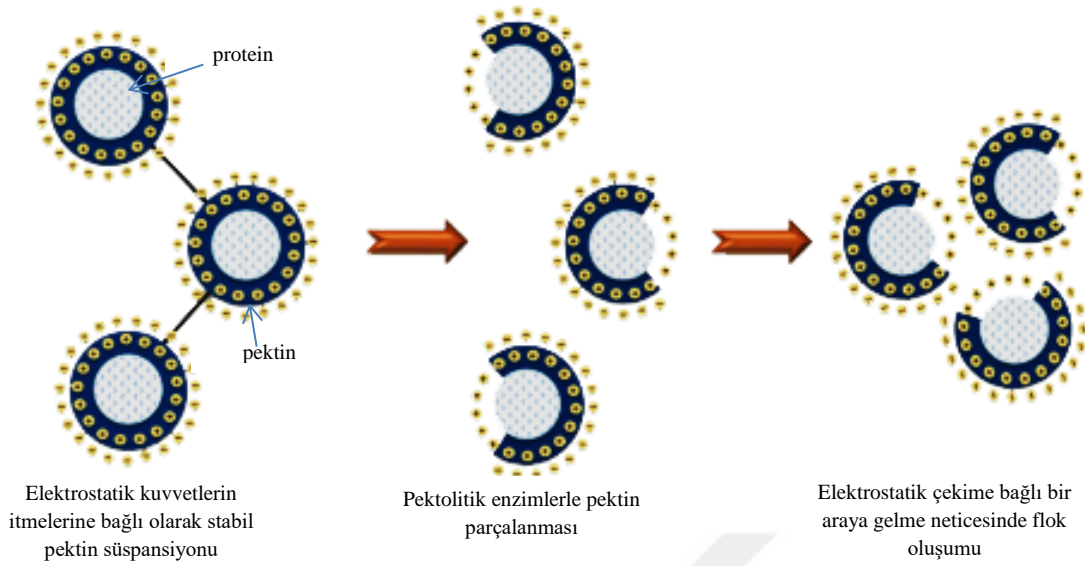


(b) Siyanidin-3-rutinozid

Şekil 2.6. Karadutta başat olarak bulunan antosiyaninlerin kimyasal yapıları

Karadutun hasattan sonra depolanmaya çok elverişli olmaması dolayısıyla raf ömrünün arttırılmasına yönelik araştırmalar devam etmektedir. Bu anlamda modifiye atmosfer paketlenme (Wang ve ark., 2013) ve ozon uygulaması (Han ve ark., 2017) gibi yöntemler üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiş olup, ayrıca geleneksel olarak uygulanan dondurma (Pehlivan ve ark., 2015) ve kurutma (Taser ve ark., 2007; Göğüş ve ark., 2011; Esmaeili-Adabi ve ark., 2013; Chen ve ark., 2017), gibi yöntemler de kullanılabilir. Bu yöntemler dışında karadutun, renk ve aroma vermek veya besinsel değerin zenginleştirilmesi amacıyla farklı ürünlerin içerisine ilave edilmesi (Fazaeli ve ark., 2016; Gültekin-Özgüven ve ark., 2016), ya da reçel (Tomas ve ark., 2017), likör (Darias-Martin ve ark., 2003; Gonzalez ve ark., 2010), meyve suyu tozu (Fazaeli ve ark., 2012; 2013c) gibi çeşitli ürünlere işlenmesi şeklinde değerlendirildiği de görülmektedir.

Karadutun değerlendirilmesi noktasında uygulanan en yaygın yöntemlerden biri de meyve suyu ve konsantresine işlenmesidir. Genel olarak bu proseste yıkama, ayıklama gibi ön işlemlerin ardından presleme gerçekleştirilmekte, bulanık görünüme sahip ham meyve suyunun berraklaştırılması ve sonrasında konsantre edilmesi şeklinde bir işlem uygulanmaktadır. Üretim sürecinde uygulanan tüm basamakların ürünün duyuusal ve besinsel kalitesi üzerine doğrudan etkisi olduğu da yadsınamaz bir gerçektir (Kalt, 2005; Tomas ve ark., 2015). Bu anlamda berrak meyve suyu konsantresi üretiminde özellikle durultma ve berraklaştırma aşaması ile proseste uygulanan konsantrasyon yönteminin, ürün karakteristikleri üzerine etkileri önemli düzeydedir. Meyve suyunun durultulması ve berraklaştırılmasının amacı, beslenme fizyolojisi ve duyuusal açıdan ürün özelliklerini mümkün olabilecek asgari düzeyde değiştirerek, stabil ve berrak nitelikte meyve suyu üretmektir (Acar ve Gökmen, 2005). Bu noktada meyve ham suyunda çözünmüş halde, kolloidal veya dispers halde bulunabilen pektik maddeler, nişasta, bazı fenolik bileşenler, selüloz, protein ve araban gibi bulanıklığa yol açan unsurların uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle meyve suyuna enzimatik durultma işlemi gerçekleştirilmekte, böylece başta pektolitik enzimler olmak üzere çeşitli enzimlerin kullanımı ile meyve sularına ekonomik ve hızlı bir filtrasyon niteliği kazandırılmaktadır. Ayrıca meyve suyunda sonradan ortaya çıkabilecek bulanma ve pektinin parçalanarak konsantrasyon sırasında jel oluşumu da engellenmektedir (Acar ve Gökmen, 2005). Nitekim meyve ham sularındaki (-) yüklü en önemli kolloid olan pektin, ortamda dispers halde bulunan diğer parçacıkların da etrafını sararak onlara da (-) yük kazandırmakta ve elektrostatik etkileşimlerle çökmenin önünde koruyucu olarak davranmaktadır. Pektolitik enzimlerin etkisi ile bu yapı parçalanmakta ve flok oluşumu gerçekleşerek çökme meydana gelmektedir (Şekil 2.7) (Echavarria ve ark., 2011).



Şekil 2.7. Ham meyve suyuna enzimatik uygulama ile flok oluşum mekanizması (Echavarria ve ark., 2011)

Meyve suyunun enzimatik durultulması ile sağlanan berraklaştırma stabil berrak ürün eldesi açısından yeterli olmadığı için farklı yardımcı maddelerden yararlanılmakta, bu amaçla ise geleneksel olarak jelatin, bentonit ve kizelzol gibi maddeler kullanılmaktadır. Bunlardan jelatin meyve suyuna (+) yük kazandırma, kizelzol (-) yük kazandırma ve bentonit ise adsorpsiyon şeklinde etki mekanizmasına sahiptir (Acar ve Gökmen, 2005). Bununla birlikte son dönemlerde berraklaştırma amacıyla membran filtrasyon tekniklerinden de yararlanılmaya başlanmıştır (Urosevic ve ark., 2017). Bu noktada özellikle ultrafiltrasyon, yardımcı madde kullanımı ve buna bağlı problemleri elimine etmesi, daha basit ve sürekli bir proses olması dolayısıyla önemli bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Bhattacharjee ve ark., 2017). Artık endüstriyel olarak da yaygın bir uygulama alanı bulan ultrafiltrasyonun çeşitli meyve sularının berraklaştırılmasında kullanımına dair çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Cassano ve ark., 2007; Rai ve De., 2009; Bahçeci, 2012; Baklouti ve ark., 2012; Mirsaedghazi ve ark., 2012).

Karadut suyu gibi diğer meyve sularının çoğu da oldukça yüksek düzeylerde su içerdiklerinden çok iyi koşullarda depolansalar dahi, bu süreçte gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar ürün kalitesini negatif yönde etkilemektedir. Bu anlamda meyve sularının kuru madde içerikleri ortalama %10-15 seviyelerinden %60-70 düzeylerine

çıkarılarak, elde edilen meyve suyu konsantranesine kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan stabil bir nitelik kazandırılmaya çalışılır. Konsantrasyon işlemi ile taşıma ve depolama hacimleri de 6-7 kat azaltıldığından bu anlamda meydana gelen giderlerin de önemli oranda düşmesi mümkün olmaktadır (Acar ve Gökmen, 2005). Meyve suyu konsantrasyonu amacıyla geleneksel olarak termal evaporasyon uygulanmaktadır. Genellikle çok aşamalı vakum evaporasyon düzenekleri kullanılarak gerçekleştirilmekte olan bu proseste, uygulanan sıcaklığın etkisine bağlı olarak duysal ve besinsel kayıplar ortaya çıkarabilmektedir. Nitekim taze meyve suları ile kıyaslandığında flavor kaybı, renk bozulmaları, “pişmiş tat” ve çeşitli biyoaktif bileşenlerde kayıplar söz konusudur. Tüketici bilincinin artmasıyla birlikte, duysal ve besinsel özelliklerinden dolayı taze sıkılmış meyve sularının daha fazla tercih edildiği gözlenmekte, bu anlamda meyve suyu konsantrasyonunda da ürün özelliklerinin maksimum seviyede korunduğu sistemlere yönelik çalışmaların da yoğun bir şekilde devam ettiği görülmektedir. Bu bağlamda meyve sularının konsantrasyonunda membran sistemlerinden yararlanılması, geleneksel termal evaporasyonun ürün karakteristiklerinde meydana getirdiği olumsuzlukları gidermesi veya azaltması bakımından önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Bhattacharjee ve ark., 2017).

Esasında mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve ters ozmoz gibi membran proseslerinin gıda endüstrisindeki uygulamaları, 1960’lı yıllardan itibaren asimetrik membranların kullanılmaya başlanması ile hızlı bir artış içerisinde girmiştir. Söz konusu membran sistemleri içerisinde ters ozmoz, meyve suyu konsantrasyonu amacıyla özellikle son 30 yıldır üzerinde önemle durulan bir konu olup bu anlamda çeşitli araştırmalar mevcuttur (Alvarez ve ark., 2002; Pap ve ark., 2009, Couto ve ark., 2011; Gomes ve ark., 2011; Santana ve ark., 2011; Echavarria ve ark., 2012). Konsantrasyon amacıyla geleneksel termal evaporasyona kıyasla ters ozmoz kullanımının başlıca avantajları; ürünün termal etkiden daha düşük düzeyde etkilenmesi, aroma kayıplarının azalması, enerji tüketiminin ve ekipman giderlerinin azalması şeklinde özetlenebilir. Buna karşılık en önemli dezavantaj ise, yüksek ozmotik basınç sınırlaması dolayısıyla geleneksel termal evaporasyon yöntemiyle elde edilen konsantrasyon düzeyine ulaşamamasıdır. Bu anlamda meyve sularının ters ozmoz ile konsantrasyonunda 25-

30°Bx seviyelerinin üzerine çıkılmaması dolayısıyla bu yöntem daha çok bir ön konsantrasyon amacıyla kullanılabilir (Matta ve ark., 2004; Rodriguez ve ark., 2004).

Son yıllarda meydana gelen teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni membran ayırma sistemleri kullanılmaya başlanmış, bu anlamda meyve sularının konsantrasyonu amacıyla da membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve “tümleşik membran sistemleri” gibi yeni uygulamalar ön plana çıkmıştır (Petrotos ve Lazarides, 2001; Cassano ve ark., 2006; Banvolgyi ve ark., 2009; Kozak ve ark., 2009; Valdes ve ark., 2009; Onsekizoğlu ve ark., 2010a, Kujawski ve ark., 2013).

Membran destilasyon uygulamasında, farklı sıcaklığa sahip iki çözelti hidrofobik yapıda mikroporöz bir membran tarafından birbirinden ayrılmaktadır. Dolayısıyla her bir por ya da gözenek girişinde sıvı-buhar arayüzeyi oluşumu söz konusudur. Membranın hidrofobik yapısı, yüzey gerilim kuvvetlerinin etkisi ile sıvı çözeltilerin membran içerisine nüfuz etmesini engeller. Bu koşullar altında sıcak çözeltinin olduğu taraftan soğuk olan tarafa doğru su buharı transferi gerçekleşir. Bu prosesteki sürücü güç, membranın yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı dolayısıyla iki çözelti arasında ortaya çıkan buhar basıncı gradyenidir (Bhattacharjee ve ark., 2017). Bu olgu üç aşamada gerçekleşir (Jiao ve ark., 2004);

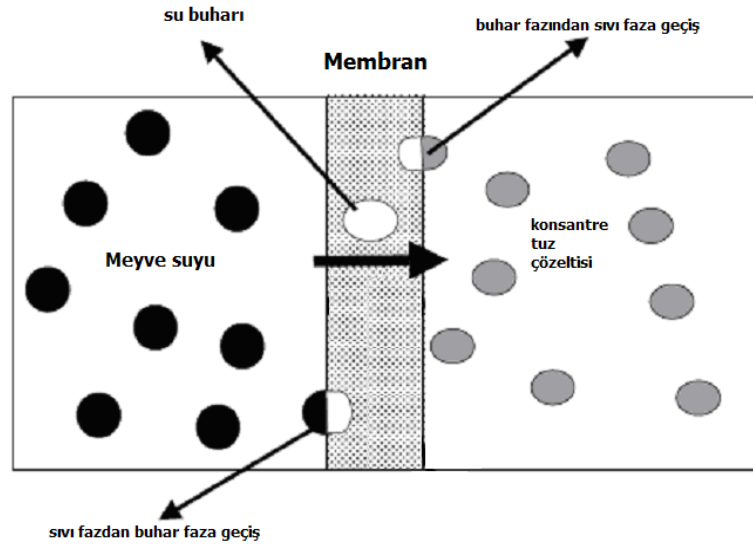
- 1- sıcak çözelti-membran arayüzeyinde buhar oluşumu
- 2- buhar fazının mikroporöz sistem boyunca taşınımı
- 3- soğuk çözelti-membran arayüzeyinde buharın yoğunlaşması

Meyve suyu konsantrasyonu amacıyla membran destilasyon uygulamalarından yararlanılmasının en büyük avantajlarından biri işlemin atmosferik basınçta ve çözeltilerin kaynama noktalarının çok altında bir sıcaklıkta işlem görüyor olmasıdır. Dolayısıyla meyve suları gibi yüksek sıcaklıklara duyarlı ürünler için çok etkili bir yöntemdir. Meyve suları dışında diğer bazı sıvı gıdalar ve farmasötik ürünler için de kullanımı mümkündür (Bhattacharjee ve ark., 2017).

Membran destilasyon proseslerinde genellikle polipropilen (PP), politetrafluoetilen (PTFE) ve polivinildiflorid (PVDF) yapıda membranlar kullanılmakta olup gözenek çapları 0,2-1,0 μm aralığındadır. Membran porozitesi ise %60-80 aralığında ve kalınlığı destek materyali varlığına bağlı olarak 80-250 μm seviyesindedir. Porozitesi yüksek, buna karşılık kalınlığı düşük membranlardan daha yüksek düzeyde akı elde edilebilmektedir. Kullanılan membran konfigürasyon yapısına bakıldığında da spiral sargılı (spiral wound), düz yapılı (flat sheet) ve içi boşluklu (hollow fiber) membranların daha fazla kullanıldığı görülmektedir (Bui ve ark., 2004; Alves ve Coelhos, 2006; Martinez ve Rodriguez-Maroto, 2008).

Ozmotik destilasyon yöntemi ise aynı zamanda ozmotik evaporasyon, izotermal membran destilasyon ya da membran evaporasyon gibi isimlerle de anılmaktadır. Bu uygulamanın membran destilasyon yönteminden temel farklılığı, işlem sırasında membran iki yüzeyi arasında sıcaklık farkının olmamasıdır. Proses atmosferik basınç altında ve oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden termal bozunmalar büyük oranda önlenmektedir. Ozmotik destilasyon uygulamasında farklı çözünen konsantrasyonuna sahip iki çözelti mikroporöz hidrofobik bir membran kullanılarak birbirinden ayrılmaktadır. Söz konusu çözeltilerden biri seyreltik nitelikte ve konsantrasyonu gerçekleştirilecek meyve suyu, diğeri ise yüksek çözünen konsantrasyonuna sahip yani hipertonik bir tuz çözeltisidir. Kullanılan tuz çözeltileri genellikle CaCl_2 , MgSO_4 ve K_2HPO_4 gibi çözeltilerdir. Membranın iki yüzeyindeki çözeltilerin çözünen madde konsantrasyonları arasındaki fark, buhar basıncı farkı oluşturarak seyreltik çözeltiden tuz çözeltisine doğru su buharı transferine yol açmaktadır. Membran destilasyona benzer şekilde PP, PTFE ve PVDF yapıda membranların kullanıldığı ozmotik destilasyon sisteminde de üç aşamalı bir kütle aktarım mekanizması söz konusudur (Şekil 2.8) (Nagaraj ve ark., 2006);

- 1- seyreltik çözeltide buhar-sıvı arayüzeyinde suyun buharlaşması
- 2- su buharının membran boyunca taşınımı
- 3- tuzlu çözelti-membran arayüzeyinde su buharının yoğuşması.



Şekil 2.8. Ozmotik ve membran destilasyon sistemlerinde kütle aktarım mekanizması

Ultrafiltrasyon, ters ozmoz, membran destilasyon ve ozmotik destilasyon gibi membran ayırma proseslerinin kombine olarak kullanıldığı “tümleşik membran prosesleri” bu yöntemlerin her birinin ayrı ayrı kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek dezavantajları önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bu anlamda membran destilasyon ya da ozmotik destilasyon öncesinde ultrafiltrasyon ve/veya ters ozmoz gibi tekniklerin kullanılmasıyla sistem performansının önemli ölçüde artırılacağı belirtilmektedir (Curcio ve Drioli, 2005; Rektör ve ark., 2006). Ayrıca bu prosesler sırasında kullanılan işlem parametrelerinin de sistem performansı üzerine önemli etkileri söz konusudur (Girard ve Fukumoto, 2000; Patil ve Raghavarao, 2007; Onsekizoğlu ve ark., 2010b; Bahmanyar ve ark., 2012; El-Abbasi ve ark., 2013; Souza ve ark., 2013).

Meyve sularının geleneksel yöntemlerle konsantrasyonuna alternatif olarak son zamanlarda ortaya çıkan membran konsantrasyon tekniklerinin, çeşitli faktörler açısından geleneksel evaporasyonla kıyaslanmalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 2.6’da özetlenmektedir (Jiao ve ark., 2004; Cassano ve Drioli, 2007).

Çizelge 2.6. Meyve sularının konsantrasyonu amacıyla geleneksel evaporasyon ve membran konsantrasyon uygulamalarının sistem performansı üzerine etkileri (Jiao et al., 2004)

Proses	Ulaşılabilen maksimum konsantrasyon derecesi (°Bx)	Ürün kalitesi	Evaporasyon hızı veya akı	Farklı ürünlerin aynı kurulumla konsantrasyon olasılığı	İşletme maliyeti	Yatırım maliyeti	Enerji tüketimi
Evaporasyon	80	Zayıf	200-300 L/h	Hayır	Orta	Orta	Çok yüksek
Ters ozmoz	25-30	Çok iyi	5-10 Lm ² /h	Hayır	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Membran destilasyon	60-70	İyi	1-10 L/m ² h	Evet	Yüksek	Orta	Düşük
Ozmotik destilasyon	60-70	Çok iyi	1-3 L/m ² h	Evet	Yüksek	Orta	Düşük

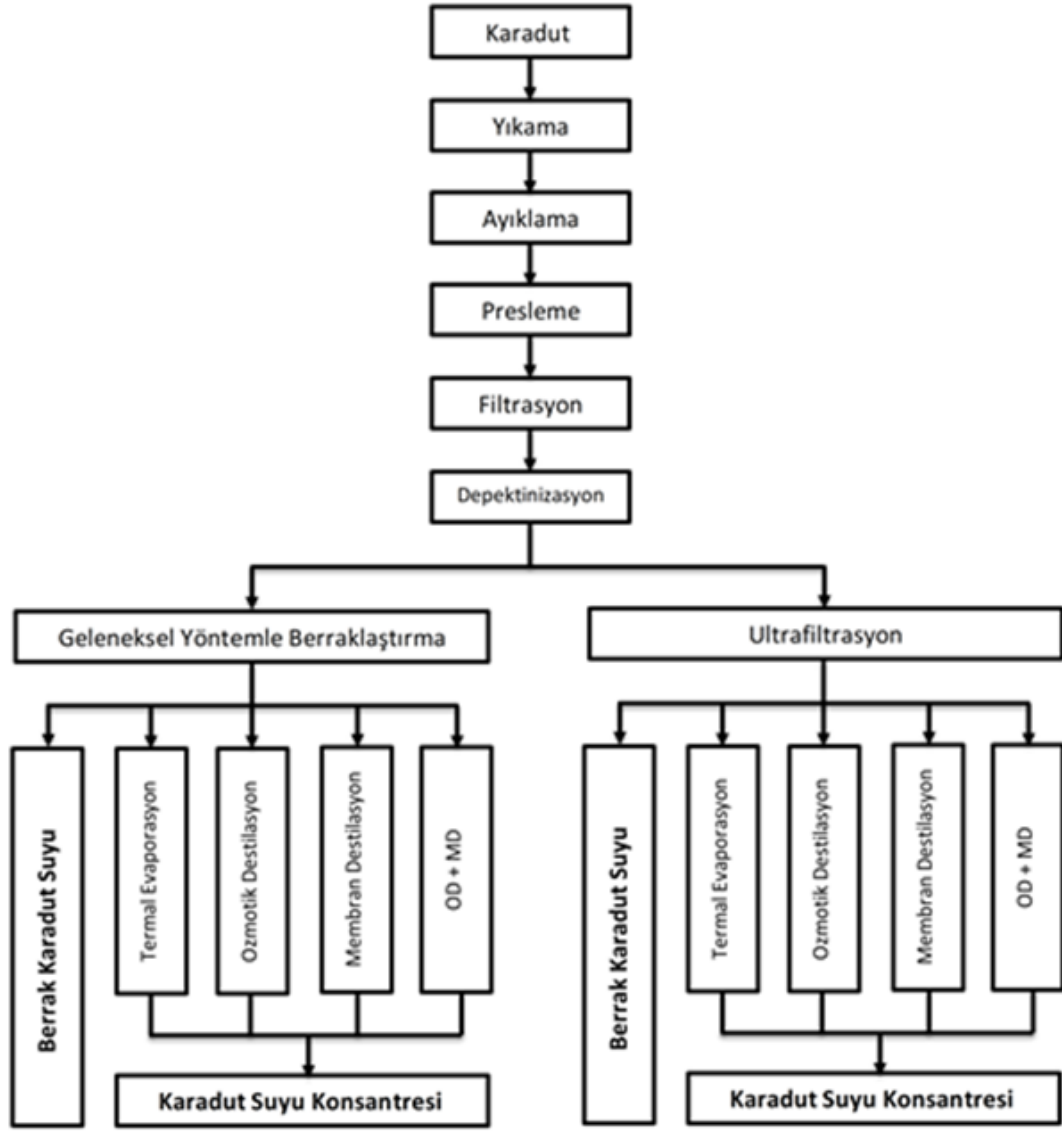
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma kapsamında kullanılan karadut örnekleri Çorum piyasasından 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 Karadut Suyu Üretimi ve Konsantrasyonu

Laboratuvar koşullarında berrak karadut suyu ve konsantresi üretiminde Şekil 3.1’de verilen yöntem uygulanmıştır. Bu anlamda ayıklama ve yıkama gibi ön işlemlerin ardından bez torbalar kullanılarak preslenen örneklerden karadut ham suyu elde edilmiş ve ön denemelerde belirlenen oranda pektolitik enzim (Fructozym P) kullanılarak 50°C’de 2 saat süreyle depektinizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Filtrasyon işleminin ardından örnekler üçe ayrılmış, birinci kısım geleneksel yöntemle, diğer kısımlar ise ultrafiltrasyon sistemi ile berraklaştırma işlemine tabi tutulmuşlardır. Geleneksel berraklaştırma amacıyla jelatin, bentonit ve her ikisinin bir arada kullanıldığı çözeltiler farklı konsantrasyonlarda, farklı süre ve sıcaklık kombinasyonlarında denenmiş, 0,5 g/L jelatin (%1) ve 2,5 g/L bentonitin (%5) bir arada kullanıldığı ve 45°C’de 2 saatlik işlem süresinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Bu anlamda geleneksel durultma gerçekleştirilen tüm örneklerle berraklaştırma amacıyla söz konusu kombinasyonda işlem gerçekleştirilmiş ve uygulama sonunda örnekler kaba filtre kağıdından geçirilerek durultma işlemi tamamlanmıştır. İkinci ve üçüncü grup örnekler ise Vivaflow 200 (Sartorius AG, Goettingen, Almanya) ultrafiltrasyon sistemi yardımıyla 100 kDa ve 30 kDa gözenek büyüklüğüne sahip membranlar kullanılarak berraklaştırılmışlardır. Kullanılan membranlar polieter sülfon (PES) yapıda olup membran yüzey alanı 0,2 m²’dir. Bu amaçla kullanılan düzenek Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



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



Şekil 3.2. Karadut berraklaştırması amacıyla kullanılan ultrafiltrasyon düzeneği

Berraklaştırma işleminin ardından membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve bu ikisinin birlikte kullanıldığı tümleşik sistemler ile karadut 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, μm	0,2
Membran yüzey alanı, m^2	0,1
Dış kabuk yapısı	polipropilen

Membran destilasyon işlemi, membran giriş sıcaklıkları arasındaki fark 20°C olacak şekilde (karadut suyu sıcaklığı: 35°C , destile su sıcaklığı: 15°C) gerçekleştirilmiştir. Karadut 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) CaCl_2 çözeltisi kullanılmış, karadut suyu ile CaCl_2 çözeltisi membrana ters akışlı olarak 30 L/h akış hızında beslenmiştir. Tümüleşik uygulamada ise, ozmotik destilasyona benzer şekilde tuz kullanımı gerçekleştirilmiş ve membran destilasyona benzer şekilde de iki yüzey arasında 20°C sıcaklık farkı uygulanmıştır. Konsantrasyon amacıyla kullanılan karadut suyu miktarı her bir deneme için 800 g olup, tuz çözeltisi ise bu değerlerin 5 katı (4000 g) düzeyindedir. Konsantrasyon işlemleri, örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri yaklaşık 60°Bx olana kadar sürdürülmüştür. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örnekler, meyve suyuna eşdeğer briks seviyesine (13°Bx) geri sulandırıldıktan sonra kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

3.3. Depolama Çalışmaları

Depolama boyunca karadut sularında özellikle antosiyaninler ve diğer bazı fiziko-kimyasal özelliklerdeki değişimlerin ortaya konabilmesi amacıyla depolama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de belirtilen yöntem izlenerek depektinize edilen örnekler 30 kDa MWCO ultrafiltrasyon membranı kullanılarak berraklaştırılmış, 200 mL’lik şişelere dolun ve kapak kapatma işleminin ardından kaynar suda 10 dak pastörizasyon uygulanmıştır. Sıcaklığın etkisinin belirlenmesi amacıyla örneklerin bir kısmı buzdolabında (+4°C) ve diğer grubu ise oda sıcaklığında (~22°C) 6 ay boyunca muhafaza edilmiş ve aylık periyotlarla analizler gerçekleştirilmiştir. Yine ışığın etkisinin ortaya konabilmesi açısından oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerin yarısı için şeffaf, diğer yarısı için ise amber renkli şişeler kullanılmıştır.

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

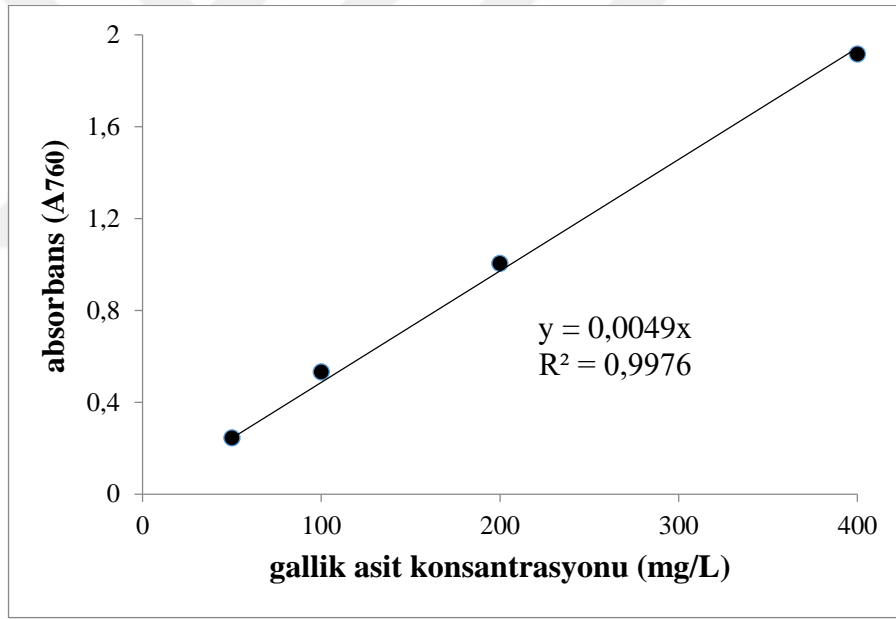
Toplam asitlik Adwa AD1020 pH metre kullanılarak potansiyometrik yöntemle belirlenmiş olup susuz sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (Boranbayeva ve ark., 2014).

3.4.3. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde miktarı Jiang ve ark. (2013) 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.

1:10 oranında seyreltilmiş 0,1 mL karadut suyu üzerine 1,0 mL 0,2 N Folin-Ciocalteu's fenol çözeltisi ve 0,8 mL 2 M Na₂CO₃ 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, 400 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'de ise, renksiz hemiketal formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre ortam pH 1,0 ve pH 4,5 olduğu zaman

ölçülen absorbans değerlerinin farkı, doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır (Özkan ve ark., 2010).

Her bir örnek, birisi potasyum klorür tamponu ile (pH 1,0), diğeri sodyum asetat tamponu ile (pH 4,5) uygun oranlarda seyreltildikten sonra absorbans değerleri, maksimum absorbans verdikleri dalga boyunda (dalga boyu spektrumundan örneklerin maksimum absorbansı 515 nm dalga boyunda verdikleri belirlenmiştir) ve 700 nm'de suya karşı ölçülmüştür. Bu ölçümlerden yararlanılarak monomerik antosiyaninlerden kaynaklanan absorbans (A) aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$A = (A_{515} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{515} - A_{700})_{\text{pH } 4,5}$$

Orijinal örnekteki antosiyanin konsantrasyonu ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

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

Burada;

A: düzeltilerek hesaplanmış absorbans farkı

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

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

SF: seyreltme faktörü

l: spektrofotometre küvet kalınlığı, 1 cm

3.4.5. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini

Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayininde bisülfite ağartma yönteminden yararlanılmış olup yöntemin ilkesi, bisülfite uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin verdikleri absorbansların ölçümlerine dayanmaktadır. Ortama sodyum bisülfite çözeltisi eklenince doğal haldeki monomerik antosiyaninler bisülfite reaksiyona girerek renksiz bileşikler oluşmaktadır. Buna karşın, “polimerik antosiyanin-tanen”

kompleksleri ve melanoidin pigmentleri, bisülfitlerin ağartma etkisine direnerek renklerini korurlar. Bu esmer renkli pigmentlerin ortamdaki konsantrasyonu arttıkça, 400-440 nm aralığında okunan absorpsiyon değerleri yükselmektedir. Bu nedenle; bisülfit uygulanmaksızın maksimum absorbans veren dalga boyunda ve bisülfit uygulandıktan sonra 420 nm dalga boyunda yapılacak iki absorbans okuması yardımı ile, “renk yoğunluğu”, “polimerik renk” ve “polimerik renk oranı” belirlenebilmektedir (Özkan ve ark., 2010).

1:5 oranında seyreltilmiş örneklerden iki ayrı spektrofotometre küvetine 1,4 mL örnek alınıp, birinin üzerine 0,1 mL bisülfit çözeltisi, diğerine ise 0,1 mL deiyonize su eklenip 15 dak bekletilmişlerdir. Süre sonunda her iki küvetteki çözeltinin 420 nm, λ_{\max} (515 nm) ve 700 nm dalgaboylarındaki absorbans değerleri saf suya karşı ölçülmüştür.

Renk yoğunluğu; bisülfit uygulanmamış küvette bulunan örneğin 420 ve 515 nm dalgaboylarındaki verdiği absorbansların toplamı olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Renk yoğunluğu} = [(A_{515} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})]. \text{ (SF)}$$

Polimerik renk; bisülfit uygulanmış küvette bulunan örneğin 420 ve 515 nm dalgaboylarındaki verdiği absorbansların toplamı olup yukarıdaki eşitliğin aynısı olan aşağıda verilmiş eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Polimerik renk} = [(A_{515} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})]. \text{ (SF)}$$

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

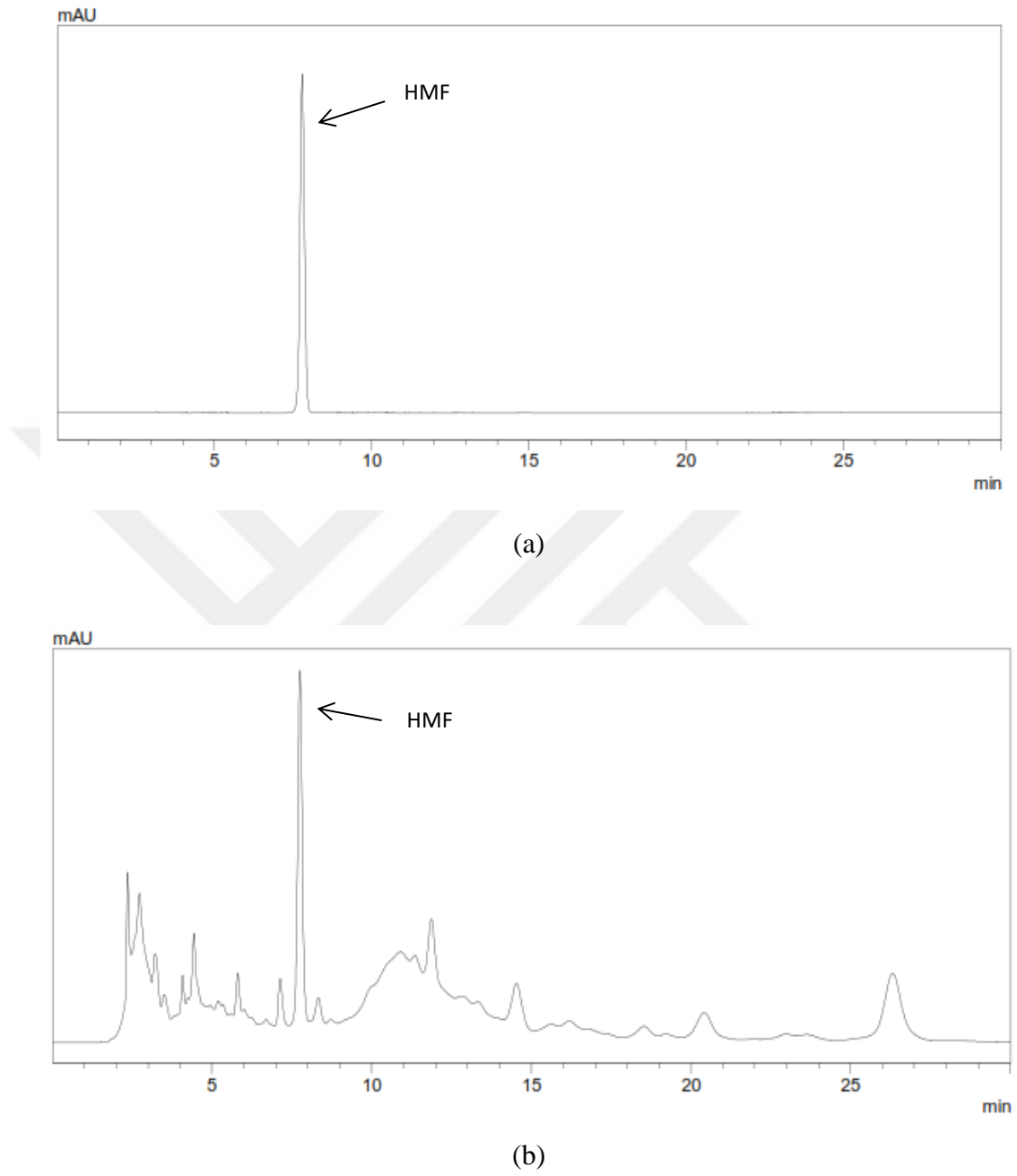
$$\text{Polimerik renk oranı} = \frac{\text{Polimerik renk}}{\text{Renk yoğunluğu}} \cdot 100$$

3.4.6. Antioksidan aktivite analizi

Örneklerin antoksidan aktiviteleri, ABTS radikal katyonu kullanılarak Boranbayeva ve ark. (2013) 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. 1:50 oranında seyreltilmiş 20 µL örnek, 980 µL seyreltilmiş ABTS radikal çözeltisi ile karıştırılmış ve 734 nm dalga boyunda 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, Kyoto, Japonya) yararlanılmıştır. Mobil faz olarak 1,0 mL/dak akış hızında, 10 mM formik asit ve asetronitril karışımı (90:10, v/v) kullanılmıştır. Kromatografik seperasyon Inertsil C₁₈ kolonda (4,6x250 mm, 5 µm) ve 25°C’de gerçekleştirilmiştir (Onsekizoğlu ve ark., 2010a). Kromatogramlar ise 284 nm dalga boyunda kaydedilmiş olup Şekil 3.6’da HMF standardı ve numunelere ait örnek bir kromatogram gösterilmiştir.



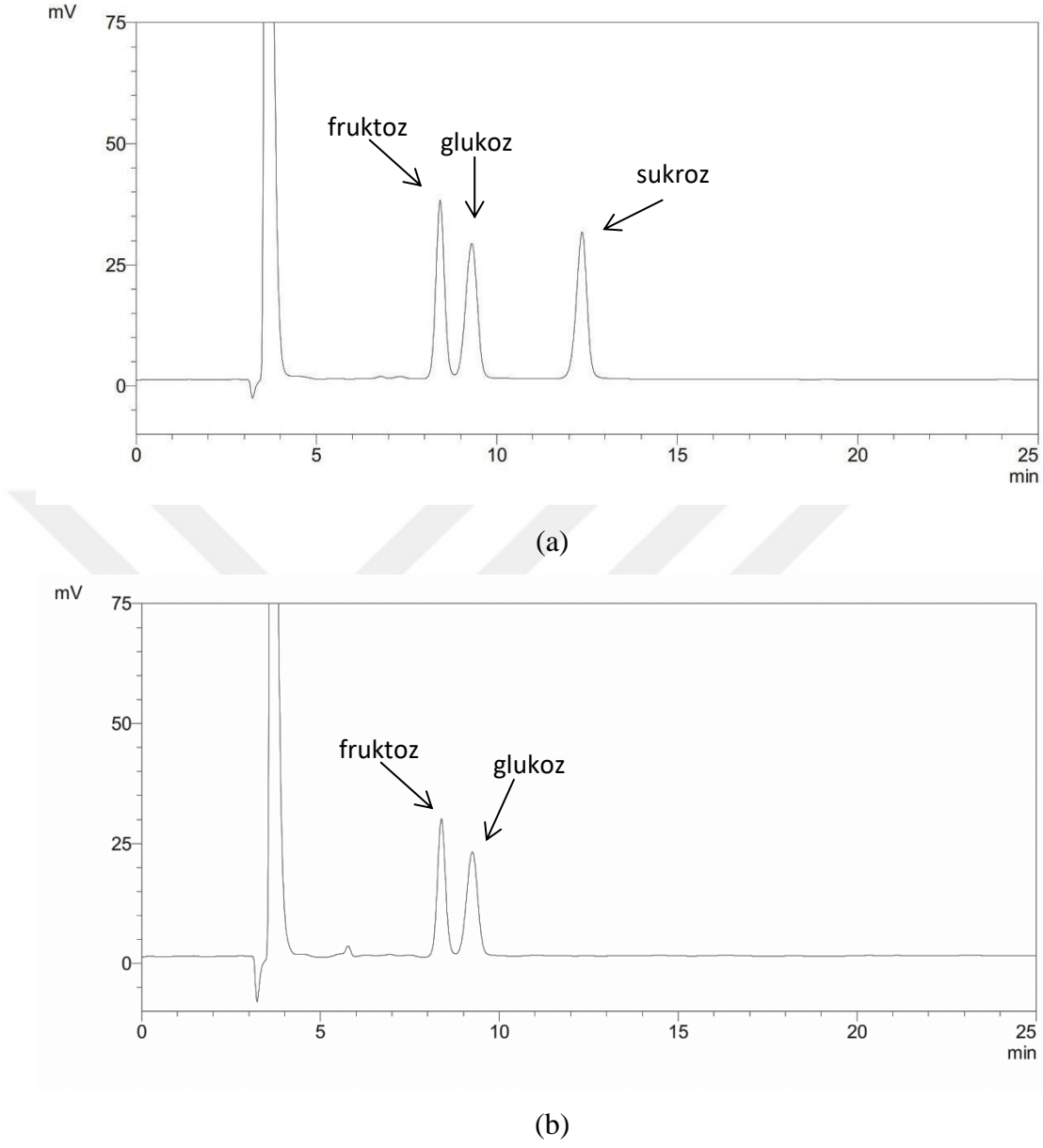
Şekil 3.6. (a) HMF standardına ve (b) geleneksel yöntemle konsantre edilen karadut suyuna ait HPLC kromatogramları

3.4.8. Şeker analizi

Şeker analizi HPLC yöntemi ile belirlenmiş olup bu amaçla kuaterner pompa, otomatik örnek enjeksiyon sistemi, refraktif indeks dedektör ve sıcaklık kontrollü kolon fırını içeren bir Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi sisteminden (Shimadzu, Kyota, Japonya) yararlanılmıştır. Carrez çözeltileri ile durultulmuş örnekler uygun oranda seyreltildikten sonra 0,45 µm filtreden geçirilmiş ve 20 µL örnek HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Mobil faz olarak 1,0 mL/dak akış hızında asetonitril-su karışımı (75:25, v/v) kullanılmış olup işlem sıcaklığı 40°C'dir. Kromatografik seperasyon Inertsil NH₂ kolonda (4,6x250 mm, 5 µm) gerçekleştirilmiş, örneklerdeki şeker varlığı ve konsantrasyonları, alıkonma sürelerinin standartlarla karşılaştırılması ve pik alanlarına bağlı olarak bu standartlarla hazırlanan kalibrasyon grafikleri üzerinden belirlenmiştir. Şekil 3.7'de şeker standartları ve numunelere ait örnek bir kromatogram gösterilmiştir.

3.5. İstatistiksel Analizler

Kara 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.



Şekil 3.7. (a) Şeker standartlarına ve (b) ozmotik destilasyon yöntemi ile konsantre edilen karadut suyuna ait HPLC kromatogramları

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Berraklaştırma ve Konsantrasyon Yöntemlerinin Karadut Suyu Analitik Özellikleri Üzerine Etkileri

Geleneksel jelatin-bentonit durultması ve farklı gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranları ile berraklaştırılan örneklerin, membran destilasyon, ozmotik destilasyon, tümleşik sistem ve termal evaporasyon ile konsantre edildikten sonra başlangıç suda çözünür kuru madde içeriğine (13°Bx) geri sulandırılması sonrasında gerçekleştirilen pH, titrasyon asitliği ve toplam fenolik madde analizlere ait sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Karadut ham suyunun pH değeri $3,50 \pm 0,20$ olarak belirlenmiş olup, literatür verileri ile genel olarak benzerlik göstermektedir. Nitekim Ercişli ve Erhan (2008), Kara ve Erçelebi (2013), Sernikli (2015), Elmacı ve Altığ (2002) ve Dinçer (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda da karadut suyu pH değeri 3.31-3.80 aralığında rapor edilmektedir. Yine Ercişli ve Erhan (2007), karadut suyunun pH değerinin, gerek kırmızı dut (pH 4,04) ve gerekse beyaz duttan (5,60) daha düşük seviyede 3,52 olarak belirtmektedir. Buna karşılık pH açısından 4.68 (Pehlivan ve ark., 2015) ve 5,95-7,39 (Calin-Sanchez ve ark., 2015) gibi yüksek değerler de mevcuttur. Berrak karadut suyu üretim aşamalarında da 3,48-3,53 aralığında veriler elde edilmiş olup, depektinizasyon ve ardından gerçekleştirilen berraklaştırma ve konsantrasyon proseslerinin ürünün pH değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Şekil 4.1-4.2). Varyans analiz sonuçları da, gerek uygulanan berraklaştırma ve gerekse konsantrasyon yöntemlerinin örneklerin pH değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığını ortaya koymaktadır ($p > 0,05$) (Çizelge 4.2-4.3).

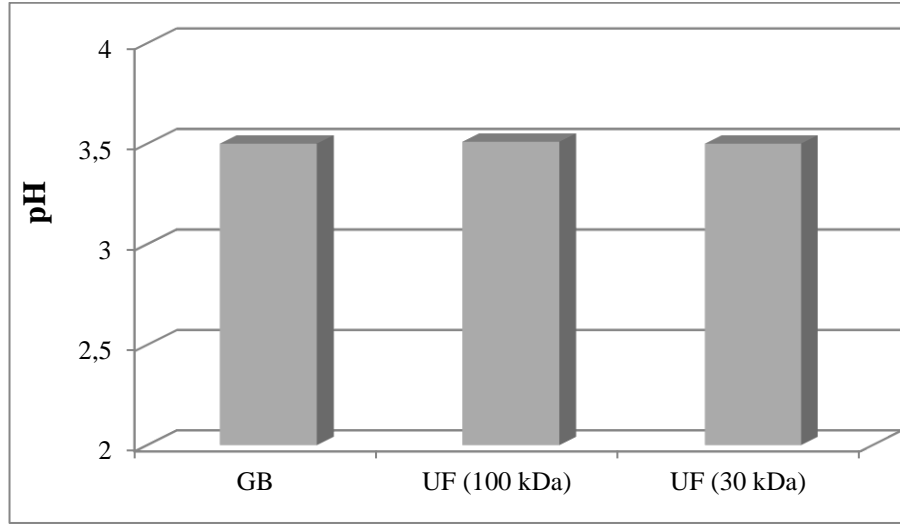
Çizelge 4.1. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin pH, titrasyon asitliği ve toplam fenolik madde içerikleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	pH	Toplam asitlik ¹ , (%)	Toplam fenolik madde ² , mg/L
1	GD	MD	3,49±0,00	1,59±0,01	1597±11
2	GD	OD	3,51±0,00	1,57±0,02	1531±29
3	GD	MD+OD	3,50±0,00	1,58±0,00	1577±26
4	GD	TE	3,49±0,01	1,56±0,01	1502±22
5	UF (100 kDa)	MD	3,52±0,01	1,55±0,00	1541±4
6	UF (100 kDa)	OD	3,49±0,00	1,56±0,01	1500±14
7	UF (100 kDa)	MD+OD	3,52±0,01	1,60±0,02	1537±24
8	UF (100 kDa)	TE	3,49±0,00	1,57±0,00	1507±28
9	UF (30 kDa)	MD	3,50±0,00	1,59±0,02	1308±2
10	UF (30 kDa)	OD	3,51±0,01	1,54±0,01	1329±20
11	UF (30 kDa)	MD+OD	3,49±0,01	1,55±0,01	1357±33
12	UF (30 kDa)	TE	3,49±0,00	1,58±0,00	1305±7

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

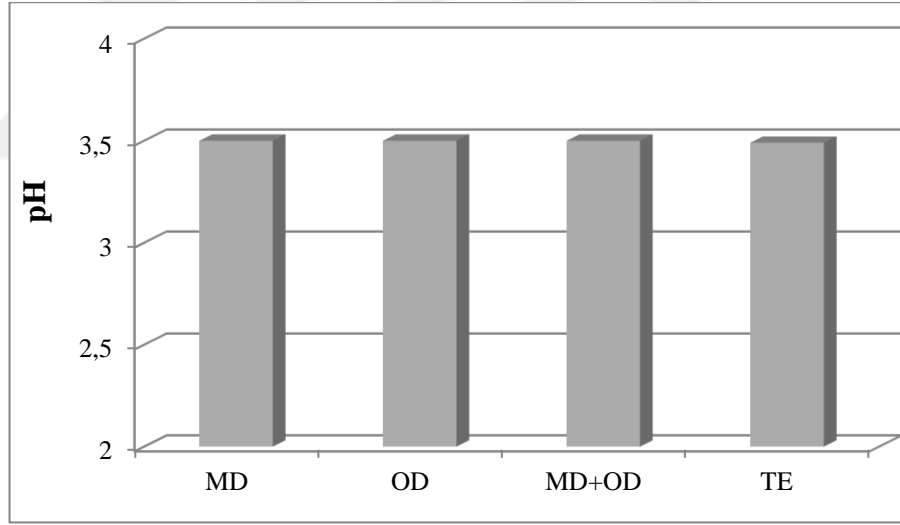
¹: Toplam asitlik sitrik asit cinsinden ifade edilmiştir.

²: Toplam fenolik madde gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

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



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

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

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	3,50	0,01	3,48	3,51
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	3,51	0,02	3,49	3,53
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	3,50	0,01	3,48	3,51
Toplam	24	3,50	0,01	3,48	3,53

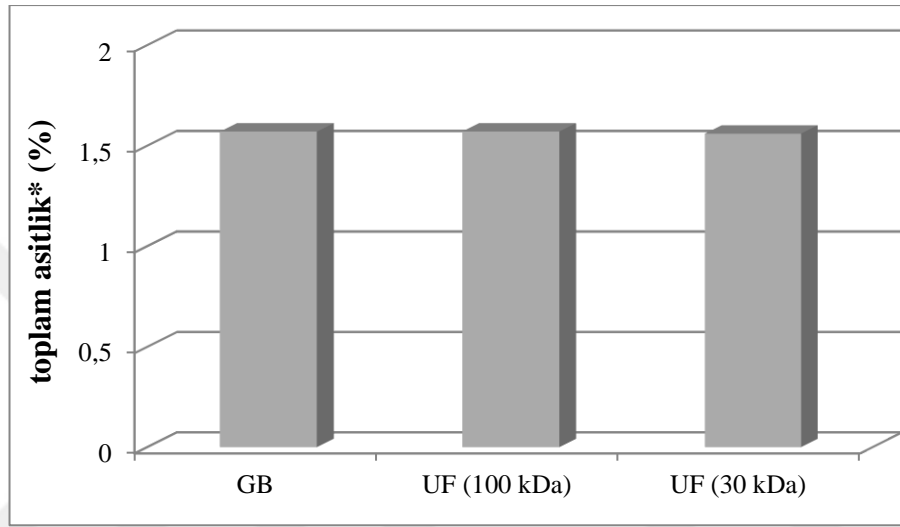
ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,000	2	0,000	1,390	0,271
Gruplar içi	0,004	21	0,000		
Toplam	0,004	23			

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	3,50	0,02	3,49	3,53
Ozmotik destilasyon (OD)	6	3,50	0,01	3,49	3,51
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	3,50	0,02	3,48	3,53
Termal evaporasyon	6	3,49	0,00	3,48	3,49
Toplam	24	3,50	0,01	3,48	3,53

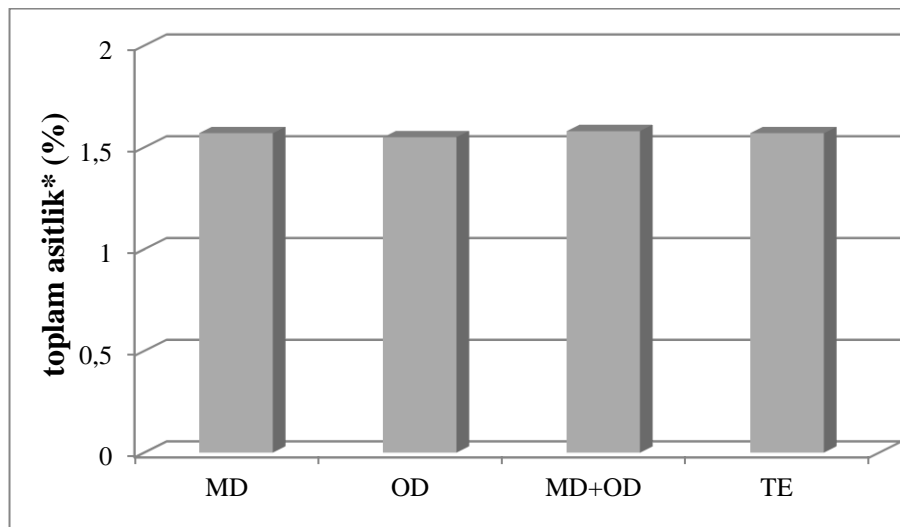
ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,001	3	0,000	1,841	0,172
Gruplar içi	0,003	20	0,000		
Toplam	0,004	23			

Toplam asitlik açısından da pH noktasında gerçekleştirilen değerlendirmeye benzer bir durum söz konusu olup üretim sürecinde uygulanan berraklaştırma ve konsantrasyon prosesleri, örneklerin toplam asitlik değerlerini etkilememiş (Şekil 4.3-4.4) ve söz konusu proseslerin toplam asitlik üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür ($p>0,05$) (Çizelge 4.4-4.5).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Şekil 4.3. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri



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

Şekil 4.4. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin toplam asitlik değerleri

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	1,57	0,02	1,54	1,59
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	1,57	0,02	1,55	1,61
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	1,56	0,02	1,53	1,60
Toplam	24	1,57	0,02	1,53	1,61

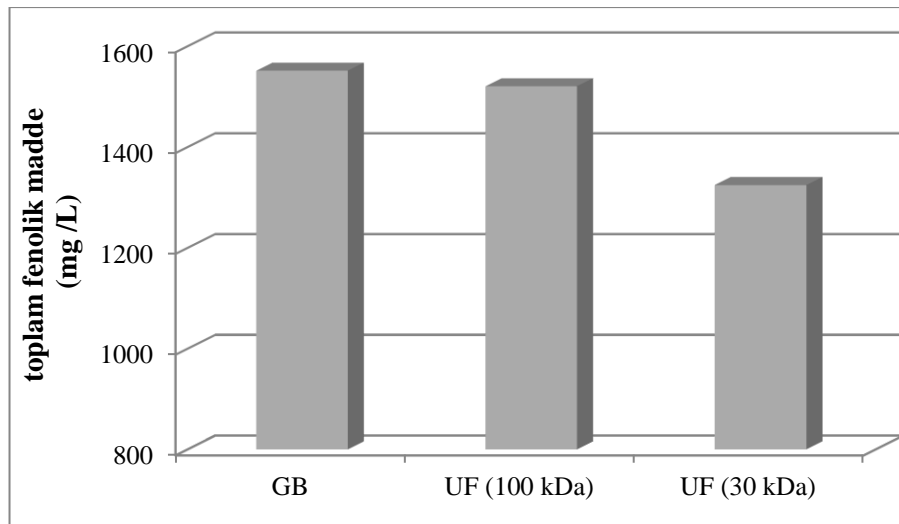
ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,000	2	0,000	0,374	0,692
Gruplar içi	0,009	21	0,000		
Toplam	0,010	23			

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	1,57	0,02	1,55	1,60
Ozmotik destilasyon (OD)	6	1,55	0,02	1,53	1,58
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	1,58	0,02	1,54	1,61
Termal evaporasyon	6	1,57	0,01	1,54	1,58
Toplam	24	1,57	0,02	1,53	1,61

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,002	3	0,001	1,515	0,241
Gruplar içi	0,008	20	0,000		
Toplam	0,010	23			

Sağlık üzerine olumlu etkileri dolayısıyla fenolik bileşenler üzerinde önemle durulmakta olup, bu bileşenler meyve suyu işlemede uygulanan değişik proseslerden farklı düzeylerde etkilenmektedir. Proseste uygulanan ısıl işlemin derecesi veya oksidasyon gibi çeşitli etmenlerle fenolik madde miktarında azalmalar gözlenirken, yine farklı proseslerin etkileriyle bağlı fenoliklerin serbest hale geçmesi ile artışlar da gözlenebilmektedir. Bu çalışmada da ham karadut suyunda saptanan toplam fenolik madde miktarında depektinizasyondan sonra kısmen artış gözlenmiş, uygulanan berraklaştırma prosesi ise gerek geleneksel yöntem kullanılması ve gerekse ultrafiltrasyon sonrasında toplam fenolik miktarında azalmaya yol açmıştır. Berraklaştırma işlemi sonrasında geleneksel yöntem ve 100 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltrasyon membranının kullanılması durumunda örneklerin toplam fenolik madde içerikleri birbirine oldukça yakın çıkmış, buna karşılık gözenek çapının küçülmesi ile birlikte daha fazla fenolik bileşenin retentat içerisinde tutulması neticesinde 30 kDa gözenekli ultrafiltrasyon membranından geçen örneklerin fenolik madde içeriklerinin azaldığı görülmüştür (Şekil 4.5). Yapılan istatistiksel değerlendirmede de 30 kDa UF membranı kullanılması durumunda saptanan toplam fenolik madde miktarının, geleneksel yöntem ve 100 kDa UF membranı kullanımı durumunda elde edilen örneklerden anlamlı bir şekilde daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$) (Çizelge 4.6).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

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

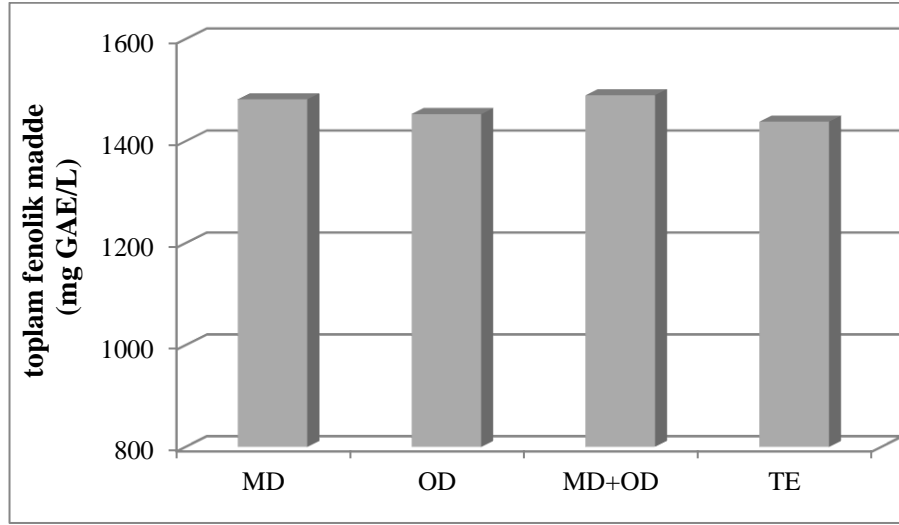
Çizelge 4.6. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun toplam fenolik madde değerleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	1552	47	1480	1608
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	1521	29	1480	1561
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	1325	31	1298	1390
Toplam	24	1466	108	1298	1608

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	242500,00	2	121250,00	92,346	0,000
Gruplar içi	27572,89	21	1312,99		
Toplam	270072,89	23			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	1552±47 ^b	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	1521±29 ^b	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	1325±31 ^a	

Farklı konsantrasyon yöntemleri ile elde edilen örneklerin toplam fenolik madde içerikleri açısından birbirine yakın değerler saptanmış (Şekil 4.6), gerek geleneksel termal evaporasyon ve gerekse membran sistemleri ile elde edilen karadut suyu konsantrasyonlarının arasında toplam fenolik madde açısından istatistiksel olarak bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.7).



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

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

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	1482	137	1306	1608
Ozmotik destilasyon (OD)	6	1453	100	1308	1559
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	1490	109	1324	1602
Termal evaporasyon	6	1438	106	1298	1535
Toplam	24	1466	108	1298	1608

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	10701,79	3	3567,26	0,275	0,843
Gruplar içi	259371,10	20	12968,55		
Toplam	270072,89	23			

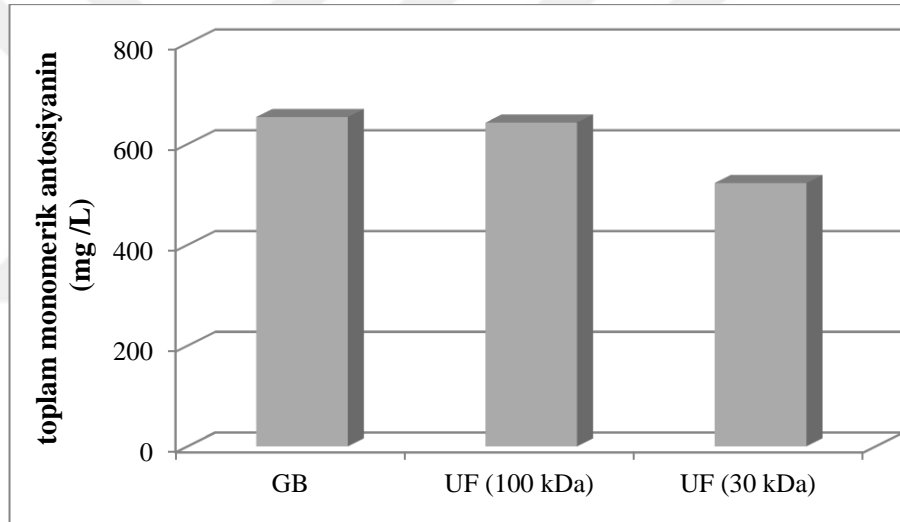
Geleneksel durultma ve ultrafiltrasyon ile berraklaştırılan örneklerin, farklı membran sistemleri ve termal evaporasyon ile konsantre edildikten sonra başlangıç suda çözünür kuru madde içeriğine geri sulandırılması sonrasında gerçekleştirilen toplam monomerik antosiyanin, renk yoğunluğu, polimerik renk 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	707,6±4,1	20,90±0,17	1,94±0,07	9,27±0,40
2	GD	OD	769,0±30,7	21,71±0,41	1,60±0,02	7,37±0,07
3	GD	MD+OD	746,0±36,0	19,30±0,45	1,76±0,00	9,10±0,21
4	GD	TE	393,7±45,5	15,77±0,22	4,12±0,06	26,11±0,78
5	UF (100 kDa)	MD	716,8±34,8	14,97±0,06	1,08±0,03	7,23±0,19
6	UF (100 kDa)	OD	724,3±33,7	16,14±0,19	1,12±0,02	6,93±0,22
7	UF (100 kDa)	MD+OD	722,2±33,1	15,71±0,51	1,18±0,02	7,51±0,12
8	UF (100 kDa)	TE	407,5±10,6	12,99±0,17	2,92±0,01	22,50±0,23
9	UF (30 kDa)	MD	573,6±26,0	13,61±0,75	0,91±0,02	6,69±0,50
10	UF (30 kDa)	OD	615,8±30,1	14,04±0,13	0,75±0,01	5,31±0,08
11	UF (30 kDa)	MD+OD	577,4±14,8	14,55±0,42	0,85±0,01	5,83±0,25
12	UF (30 kDa)	TE	325,2±3,0	10,56±0,23	2,75±0,04	26,03±0,96

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

Fenolik bileşenler içerisinde 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). Şekil 4.7’de farklı berraklaştırma aşamaları sonrasında örneklerde tespit edilen toplam monomerik antosiyanin miktarları gösterilmektedir. 30 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanılarak gerçekleştirilen berraklaştırmalar neticesinde örneklerdeki antosiyanin miktarı kısmen daha düşük düzeyde görülse de istatistiksel olarak söz konusu yöntemlerin antosiyanin miktarı açısından anlamlı bir farklılığa yol açmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri

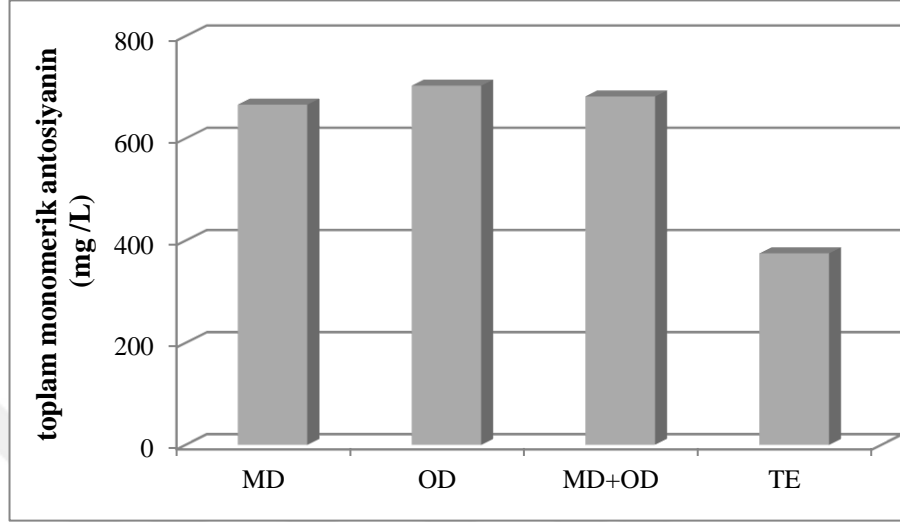
Çizelge 4.9. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	654	165	347	791
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	643	147	400	748
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	523	124	323	637
Toplam	24	607	153	323	791

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	84377,86	2	42188,93	1,966	0,165
Gruplar içi	450747,51	21	21464,17		
Toplam	535125,37	23			

Şekil 4.8’de ise uygulanan farklı konsantrasyon yöntemleri sonrasında karadut suyu örneklerinin antosiyanin miktarları gösterilmiştir. Bilindiği üzere antosiyaninler genel olarak stabil olmayan bileşikler olup çeşitli faktörlere bağlı olarak kolaylıkla degrade olabilirler. Bu anlamda geleneksel termal evaporasyon neticesinde, uygulanan ısı işleme bağlı olarak antosiyanin miktarında önemli kayıplar olduğu gözlenmiştir. Nitekim bu örneklerdeki ortalama antosiyanin miktarının, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklere kıyasla yaklaşık %50 oranında daha az olduğu görülmektedir. Membran sistemleri kendi aralarında kıyaslandığında ise prosesin oda sıcaklığında gerçekleştirildiği ve herhangi bir ısı işlemin olmadığı ozmotik destilasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerin, en yüksek antosiyanin içeriğine sahip oldukları görülmektedir. Bununla birlikte membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve tümleşik sistem ile konsantre edilen örnekler arasında antosiyanin açısından anlamlı bir farklılık söz konusu değildir (Çizelge 4.10). Hojjatpanah ve ark. (2011) tarafından karadut suyunun konsantrasyonunun gerçekleştirildiği çalışmada da termal evaporasyon yönteminin antosiyanin kaybı üzerine yüksek düzeyde etkili olduğu belirtilmiş olup, Dinçer ve ark. (2016)’da karadut suyunun ozmotik destilasyon ile konsantrasyonunun geleneksel termal

evaporasyona kıyasla antosiyanin düzeyi açısından daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.



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

Şekil 4.8. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içerikleri

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

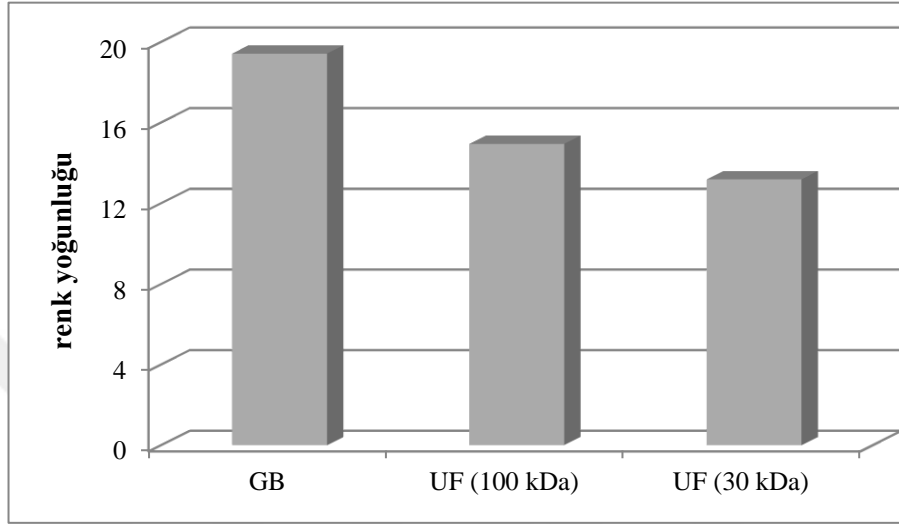
Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	666	74	555	741
Ozmotik destilasyon (OD)	6	703	75	594	791
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	682	85	567	772
Termal evaporasyon	6	375	49	323	440
Toplam	24	607	153	323	791

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	431585,07	3	143861,69	27,789	0,000
Gruplar içi	103540,30	20	5177,02		
Toplam	535125,37	23			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Membran destilasyon (MD)	666±74 ^b	
Ozmotik destilasyon (OD)	703±75 ^b	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Tümleşik sistem (OD+MD)	682±85 ^b	
Termal evaporasyon	375±49 ^a	

Farklı yöntemlerle berraklaştırılan örneklerin renk yoğunluğu değerlerine bakıldığında, geleneksel yöntemle jelatin ve bentonit kullanılarak gerçekleştirilen berraklaştırma neticesinde örneklerdeki renk yoğunluğu değerlerinin ultrafiltrasyon ile berraklaştırılan örneklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.11). Bilindiği üzere özellikle antosiyaninler gibi fenolik bileşenlerin renk üzerine etkileri büyüktür. Ultrafiltre edilen örneklerde polimer yapıdaki fenoliklerin membranlar tarafından tutulması bu anlamda etkili olmuş olabilir. Nitekim örneklerin polimerik renk değerlerine bakıldığında da geleneksel yöntemle berraklaştırılmış karadut sularında bu anlamda daha yüksek veriler elde edilmiştir (Şekil 4.10 ve Çizelge 4.12). Renk yoğunluğunun polimerik renk değerine

oranlanması elde edilen polimerik renk oranı noktasında da geleneksel yöntemle berraklaştırılan örnekler daha yüksek verilere sahip olsa da (Şekil 4.11), istatistiksel olarak bu gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.13).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

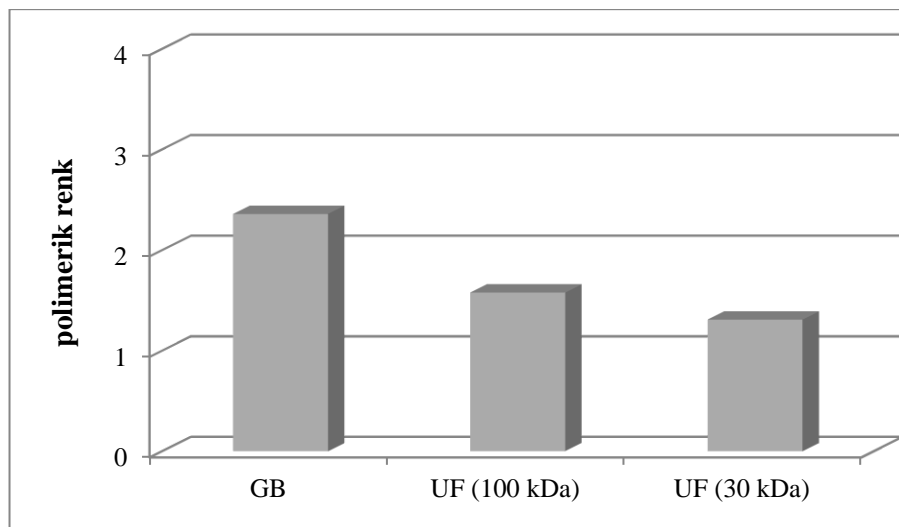
Şekil 4.9. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	19,42	2,46	15,55	22,12
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	14,95	1,32	12,83	16,33
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	13,19	1,73	10,34	14,96
Toplam	24	15,85	3,23	10,34	22,12

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	165,027	2	82,513	22,950	0,000
Gruplar içi	75,503	21	3,595		
Toplam	240,530	23			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	19,42±2,46 ^b	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	14,95±1,32 ^a	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	13,19±1,73 ^a	



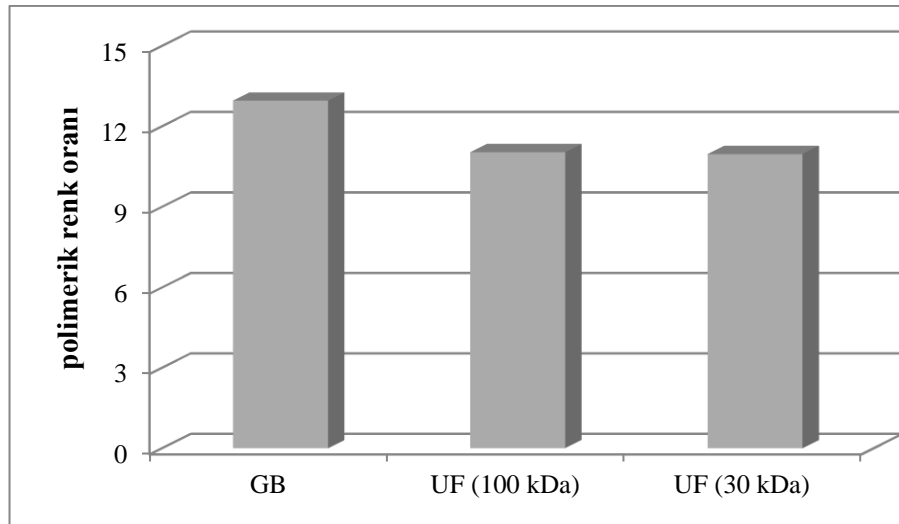
GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Şekil 4.10. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin polimerik renk değerleri

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	2,36	1,09	1,59	4,18
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	1,58	0,83	1,05	2,93
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	1,31	0,89	0,74	2,79
Toplam	24	1,75	1,01	0,74	4,18

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	4,689	2	2,344	2,622	0,096
Gruplar içi	18,780	21	0,894		
Toplam	23,468	23			



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

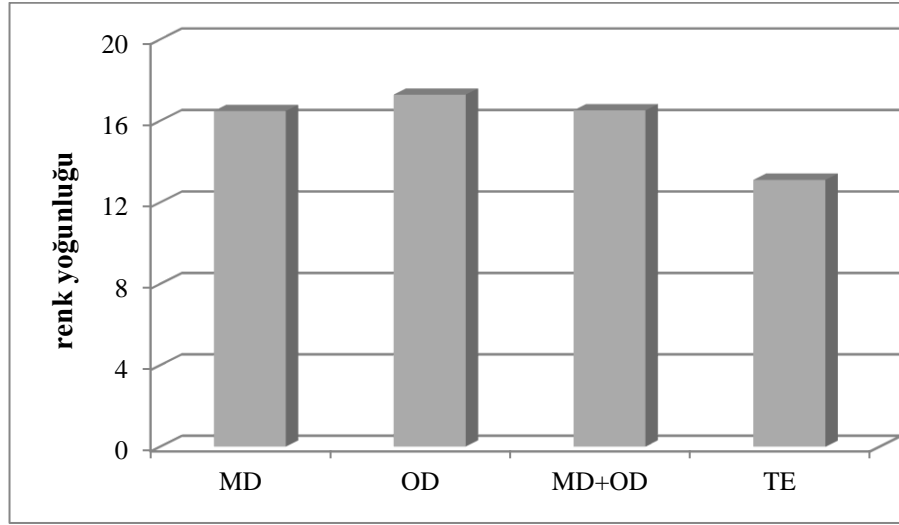
Şekil 4.11. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin polimerik renk oranları

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	12,96	8,17	7,30	26,89
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	11,04	7,07	6,71	22,73
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	10,97	9,33	5,22	27,00
Toplam	24	11,66	7,93	5,22	27,00

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	20,499	2	10,249	0,151	0,861
Gruplar içi	1427,378	21	67,970		
Toplam	1447,877	23			

Şekil 4.12’de konsantrasyon prosesi sonrasında örneklerdeki renk yoğunluğu değerleri gösterilmektedir. Geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerin renk yoğunluğu değerleri membran sistemleri ile konsantre edilenlere kıyasla nispeten düşük düzeyde olmakla birlikte (Şekil 4.12), istatistiksel olarak gruplar arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.14).



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

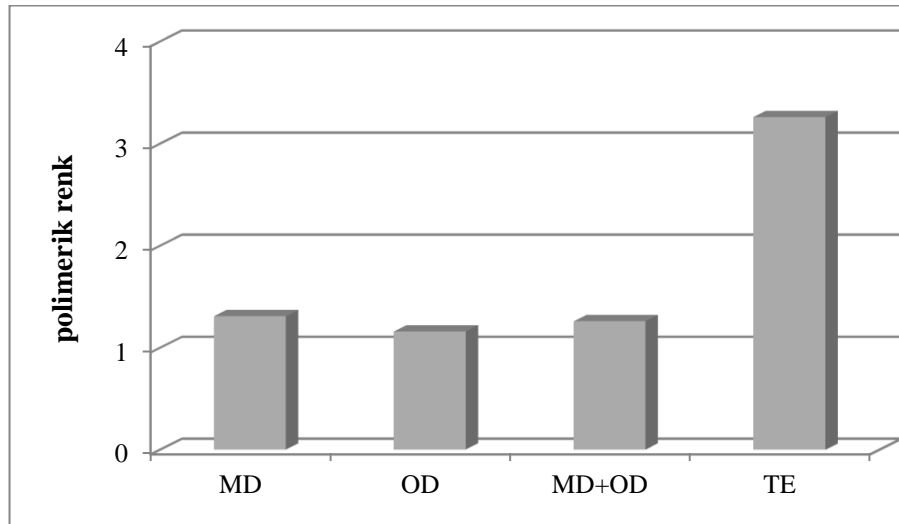
Şekil 4.12. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin renk yoğunluğu değerleri

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	16,49	3,50	12,86	21,07
Ozmotik destilasyon (OD)	6	17,29	3,56	13,91	22,12
Tümüleşik sistem (OD+MD)	6	16,52	2,27	14,13	19,75
Termal evaporasyon	6	13,11	2,34	10,34	15,99
Toplam	24	15,85	3,23	10,34	22,12

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	62,650	3	20,883	2,348	0,103
Gruplar içi	177,879	20	8,894		
Toplam	240,530	23			

Polimerik renk ve polimerik renk oranları açısından ise, membran sistemleri ile konsantrasyonun çok önemli avantajlar sağladığı görülmektedir. Geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerdeki polimerik renk değerleri, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklere kıyasla 3 kattan daha fazla saptanmıştır (Şekil 4.13, Çizelge 4.15). Benzer şekilde polimerik renk oranları da membran sistemleri ile konsantre edilen örneklerde %10'un altında iken, termal evaporasyon sonrasında %25 seviyelerine çıkmıştır (Şekil 4.14). Isıl işlemlere karşı duyarlı olan antosiyaninlerin, konsantrasyon sırasında uygulanan ısıl işlem ile parçalanması böyle bir sonuç çıkmasında etkilidir. Membran sistemleri içerisinde en düşük değer ise ısıl işlemin hiç olmadığı ozmotik destilasyon sistemi ile konsantre edilen örneklerde saptanmıştır. Bununla birlikte her üç membran sistemi kullanımı sonucunda elde edilen polimerik renk oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar söz konusu değildir (Çizelge 4.16). Dinçer ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da karadut suyunun ozmotik destilasyon ile konsantre edilmesi sonucunda polimerik renk oranı %18 düzeyinde bulunmuşken, termal evaporasyon ile konsantre edilen örneklerde bu oran %26 seviyesindedir.



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

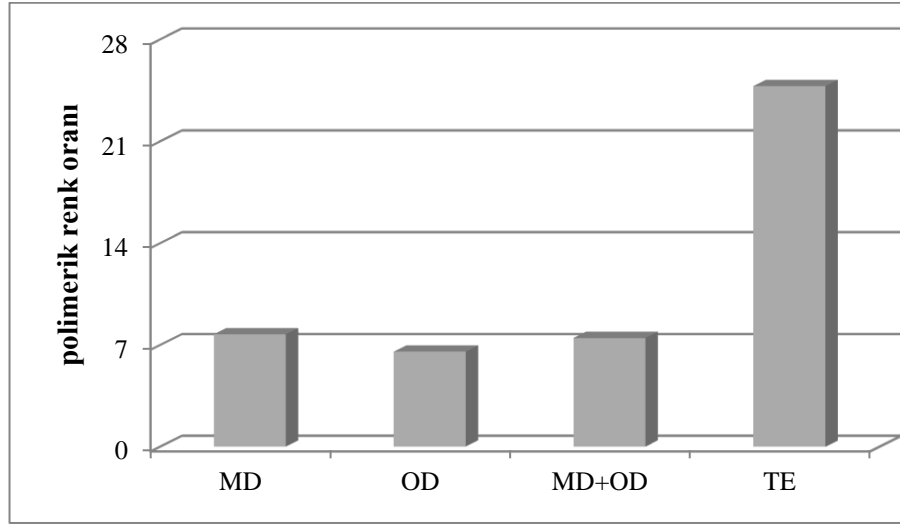
Şekil 4.13. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin polimerik renk değerleri

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	1,31	0,50	0,89	2,01
Ozmotik destilasyon (OD)	6	1,16	0,39	0,74	1,62
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	1,26	0,41	0,84	1,76
Termal evaporasyon	6	3,26	0,67	2,71	4,18
Toplam	24	1,75	1,01	0,74	4,18

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	18,427	3	6,142	24,368	0,000
Gruplar içi	5,041	20	0,252		
Toplam	23,468	23			

Duncan çoklu karşılaştırma testi					
Membran destilasyon (MD)			1,31±0,50 ^a		
Ozmotik destilasyon (OD)			1,16±0,39 ^a		* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Tümleşik sistem (OD+MD)			1,26±0,41 ^a		
Termal evaporasyon			3,26±0,67 ^b		



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

Şekil 4.14. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin polimerik renk oranları

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

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	7,74	1,29	6,20	9,67
Ozmotik destilasyon (OD)	6	6,54	0,99	5,22	7,44
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	7,48	1,48	5,58	9,31
Termal evaporasyon	6	24,88	2,01	22,26	27,00
Toplam	24	11,66	7,93	5,22	27,00

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	1403,570	3	467,857	211,187	0,000
Gruplar içi	44,307	20	2,215		
Toplam	1447,877	23			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Membran destilasyon (MD)	7,74±1,29 ^a	
Ozmotik destilasyon (OD)	6,54±0,99 ^a	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Tümleşik sistem (OD+MD)	7,48±1,48 ^a	
Termal evaporasyon	24,88±2,01 ^b	

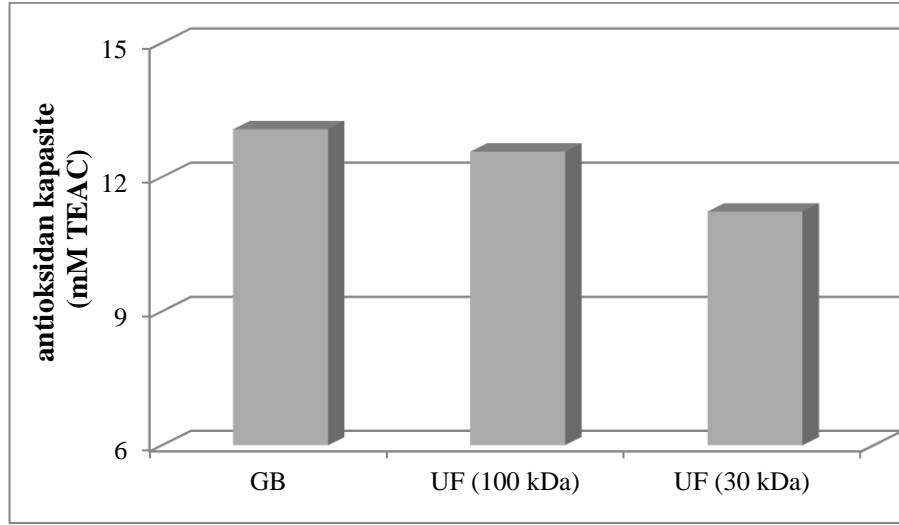
Üretim prosesi boyunca farklı berraklaştırma ve konsantrasyon yöntemleri kullanılan karadut sularının antioksidan kapasite, HMF, fruktoz ve glukoz içerikleri Çizelge 4.17’de verilmektedir. Berraklaştırma işlemi sırasında küçük gözenek çapına sahip (30 kDa) ultrafiltrasyon membranı kullanılması neticesinde örneklerde elde edilen antioksidan kapasite değerlerinin, diğer berraklaştırma yöntemlerinde elde edilenlere kıyasla daha düşük düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 4.15, Çizelge 4.18). Gerçekleştirilen epidomiyolojik çalışmalar çeşitli hastalıkların önlenmesinde antioksidan bileşenlerin çok önemli rolleri olduğunu ortaya koymaktadır. Serbest radikalleri sönmüleyici özelliğe sahip bu antioksidan bileşenler içerisinde ön plana çıkan maddeler arasında karotenoidler, C vitamini, E vitamini ve fenolik bileşenler

yer almaktadır. Karadut suyu açısından bakıldığında da özellikle fenolik bileşenlerin bu anlamda antioksidan kapasiteye katkı sağlaması söz konusudur. 30 kDa gözenek büyüklüğüne sahip ultrafiltasyon membranının daha fazla fenolik bileşeni tuttuğu (Şekil 4.15) göz önüne alındığında, fenolik bileşen içeriği yüksek olan örneklerin antioksidan kapasite değerlerinin de daha yüksek olması beklenen bir sonuç olmuştur.

Çizelge 4.17. Farklı yöntemlerle konsantre edilen örneklerin antioksidan kapasite, HMF, fruktoz ve glukoz içerikleri

Örnek kodu	Berraklaştırma yöntemi	Konsantrasyon yöntemi	Antioksidan kapasite, mM TEAC	HMF, mg/L	Fruktoz, %	Glukoz, %
1	GD	MD	12,57±0,09	t.e.	4,40±0,27	4,54±0,31
2	GD	OD	15,00±0,99	t.e.	4,86±0,39	5,00±0,40
3	GD	MD+OD	13,32±0,20	t.e.	4,92±0,51	5,01±0,56
4	GD	TE	11,37±0,54	1,5±0,2	4,84±0,10	5,05±0,10
5	UF (100 kDa)	MD	12,79±0,66	t.e.	4,75±0,26	4,90±0,39
6	UF (100 kDa)	OD	13,61±0,38	t.e.	4,35±0,08	4,44±0,15
7	UF (100 kDa)	MD+OD	13,48±0,67	t.e.	5,04±0,01	5,15±0,04
8	UF (100 kDa)	TE	10,38±0,12	1,0±0,1	4,88±0,10	4,99±0,10
9	UF (30 kDa)	MD	10,93±0,26	t.e.	4,92±0,02	4,95±0,20
10	UF (30 kDa)	OD	12,51±0,36	t.e.	4,55±0,12	4,63±0,07
11	UF (30 kDa)	MD+OD	11,87±0,20	t.e.	4,42±0,02	4,57±0,20
12	UF (30 kDa)	TE	9,60±0,56	1,8±0,3	4,42±0,04	4,63±0,09

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



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Şekil 4.15. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri

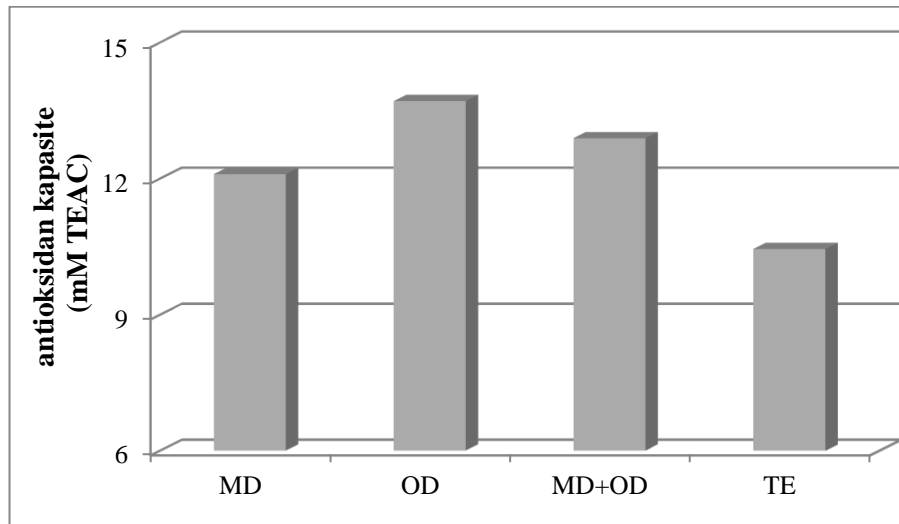
Çizelge 4.18. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun antioksidan kapasite içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	13,07	1,54	10,83	15,99
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	12,57	1,49	10,26	14,15
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	11,23	1,23	9,04	12,87
Toplam	24	12,29	1,58	9,04	15,99

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	14,450	2	7,225	3,544	0,047
Gruplar içi	42,806	21	2,038		
Toplam	57,255	23			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	13,07±1,54 ^b	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	12,57±1,49 ^{ab}	
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	11,23±1,23 ^a	

Farklı konsantrasyon yöntemlerinin örneklerin antioksidan kapasite değerleri üzerine etkileri incelendiğinde, özellikle ısı işleminin bu anlamda önemli sonuçlar yarattığı görülmektedir. Proses sırasında uygulanan ısı işlem şiddetine bağlı olarak antioksidan etkili bileşenlerin parçalanması sonucu bu örneklerde daha düşük antioksidan kapasite değerleri elde edilmiştir. Nitekim geleneksel termal evaporasyon ile konsantre edilen örnekler 11.06 mM TEAC ortalama değeri ile en düşük antioksidan kapasiteye sahip olmuşlardır. Membran sistemleri içerisinde ise ısı işlem uygulanmadan ozmotik destilasyon yöntemi ile konsantre edilen örnekler en yüksek değerlere, düşük düzeyde de (35°C) olsa ısı işleme maruz kalarak membran destilasyon yöntemi ile konsantre edilen örnekler ise düşük değerlere sahip olmuşlardır. Ozmotik ve membran destilasyon yöntemlerinin beraber uygulandığı tümleşik sistemde de membran destilasyona eşdeğer sıcaklık uygulaması olmakla beraber, bu sistemin akıyı artırarak süreci kısaltmasına bağlı olarak örnekler daha kısa süre ısı işleme maruz kalmaktadırlar. Dolayısıyla bu yöntemle konsantre edilen örneklerin antioksidan kapasite değerleri diğer iki membran sistemi ile konsantre edilen örneklerin sahip olduğu değerlerin arasında yer almaktadır (Şekil 4.16, Çizelge 4.19).



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

Şekil 4.16. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin antioksidan kapasite içerikleri

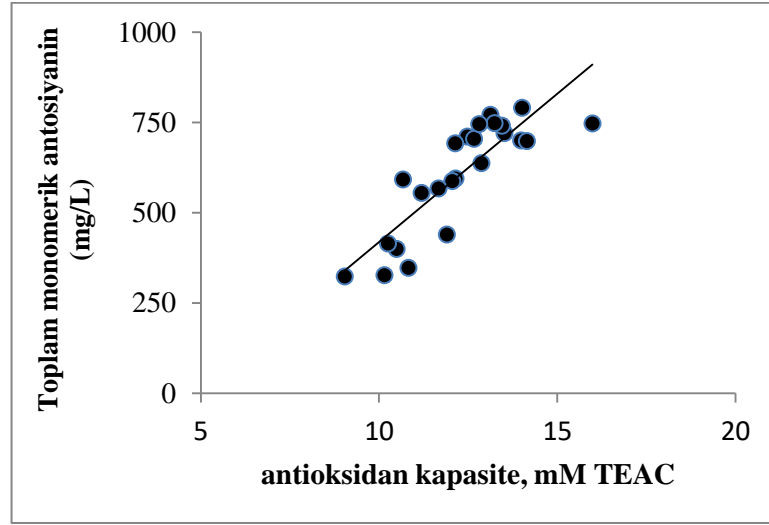
Çizelge 4.19. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun antioksidan kapasite içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	12,10	1,01	10,68	13,45
Ozmotik destilasyon (OD)	6	13,71	1,32	12,15	15,99
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	12,89	0,92	11,67	14,15
Termal evaporasyon	6	10,45	0,93	9,04	11,91
Toplam	24	12,29	1,58	9,04	15,99

ANOVA Tablosu					
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	p
Gruplar arası	34,799	3	11,600	10,331	0,000
Gruplar içi	22,456	20	1,123		
Toplam	57,255	23			

Duncan çoklu karşılaştırma testi		
Membran destilasyon (MD)	12,10±1,01 ^b	
Ozmotik destilasyon (OD)	13,71±1,32 ^c	* farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
Tümleşik sistem (OD+MD)	12,89±0,92 ^{bc}	
Termal evaporasyon	10,45±0,93 ^a	

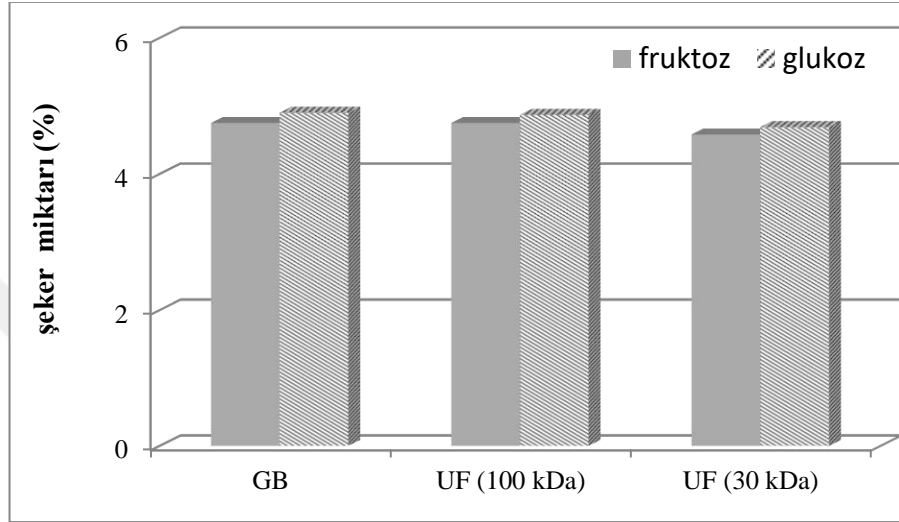
Cassano ve ark. (2003) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, portakal ve havuç sularının ozmotik destilasyon ile konsanre edilmesi sürecinde antioksidan kapasite içeriklerinde önemli bir kayıp olmadığı belirtilmektedir. Benzer şekilde Onsekizoğlu (2013) tarafından nar suları üzerine gerçekleştirilen çalışmada da termal evaporasyonla konsanre edilen örneklerin antioksidan kapasite değerlerinde önemli kayıplar olduğu belirtilirken, ozmotik destilasyon ve tümleşik sistem kullanılması durumunda konsantrasyon sürecinde bu anlamda önemli bir kayıp olmadığı rapor edilmektedir. Yine Cassano ve ark. (2011), nar sularının ozmotik destilasyon ile konsanre edilmeleri sırasında, antioksidan kapasite içeriğinde sadece %5'e yakın bir kayıp olduğunu bildirmektedirler.



Şekil 4.18. Karadut suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin ve antioksidan kapasiteleri arasındaki ilişki

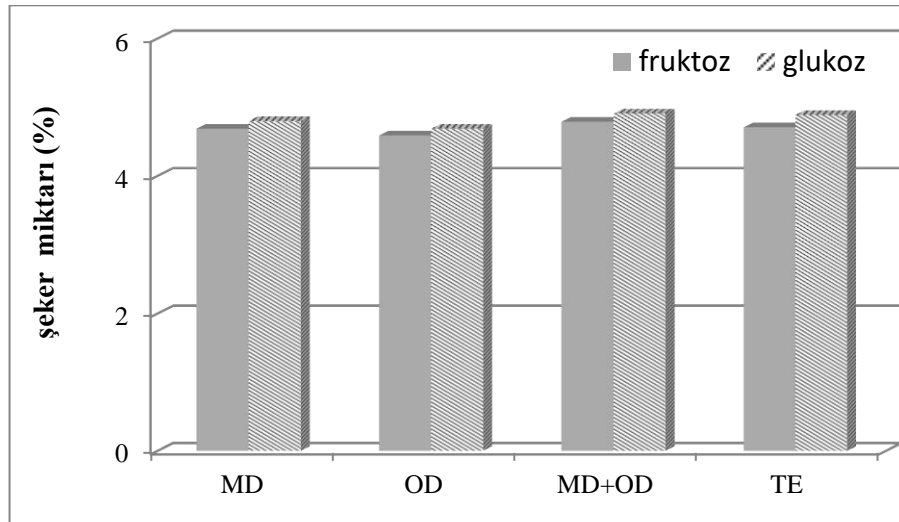
Gıdalarda HMF oluşumu genel olarak, proses sırasında ısıl işlem kaynaklı olumsuzlukların göstergesi olarak kullanılmaktadır. Toksikolojik çalışmalar, HMF'in genotoksin ve mutajen özellikleri konusunda çelişkili sonuçlar vermekle birlikte uluslararası otoriteler gıdaların yapısında bulunan HMF'in azaltılması konusunda fikir birliği içerisindedirler. HMF oluşumu asitlerin katalize ettiği şeker dehidrasyonu reaksiyonu ve Maillard reaksiyonuna dayalı olarak iki farklı mekanizma ile gerçekleşmektedir. HMF gıdalarda ağırlıklı olarak ısıl işlem sırasında oluşsa da, asit karakterdeki işlenmiş gıdaların depolanmaları sırasında da HMF miktarında artış meydana gelmektedir. Bu anlamda bazı gıdalar açısından HMF miktarı son ürünün önemli kalite kriterlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Bahçeci ve ark., 2013). HMF noktasında elde edilen sonuçlar, membran sistemleri ile konsantrasyonun geleneksel termal evaporasyon yöntemine göre çok daha avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, termal evaporasyon ile konsantre edilen örneklerde 1,0-1,8 mg/L düzeyinde HMF saptanırken, membran sistemleri ile konsantrasyon neticesinde örneklerde HMF tespit edilmemiştir.

Karadut suyu içerisinde fruktoz ve glukoz olmak üzere başlıca iki şeker tespit edilmiş olup glukoz miktarı fruktozdan az da olsa fazladır (Şekil 4.19 - 4.20). Gerek farklı berraklaştırma ve gerekse konsantrasyon yöntemlerinin örneklerdeki glukoz ve fruktoz içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). (Çizelge 4.20-4.23).



GB: Geneksel yöntemle berraklaştırma; UF: Ultrafiltrasyon

Şekil 4.19. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan karadut suyu örneklerinin fruktoz ve glukoz miktarları



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

Şekil 4.20. Farklı yöntemlerle konsantre edilen karadut suyu örneklerinin fruktoz ve glukoz miktarları

Çizelge 4.20. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun fruktoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	4,75	0,43	4,13	5,42
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	4,75	0,31	4,27	5,05
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	4,58	0,23	4,38	4,94
Toplam	24	4,70	0,33	4,13	5,42

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,162	2	0,081	0,712	0,502
Gruplar içi	2,381	21	0,113		
Toplam	2,543	23			

Çizelge 4.21. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun fruktoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	4,69	0,33	4,13	5,00
Ozmotik destilasyon (OD)	6	4,59	0,35	4,27	5,25
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	4,79	0,43	4,40	5,42
Termal evaporasyon	6	4,71	0,24	4,38	4,98
Toplam	24	4,70	0,33	4,13	5,42

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,130	3	0,043	0,359	0,783
Gruplar içi	2,413	20	0,121		
Toplam	2,543	23			

Çizelge 4.22. Farklı berraklaştırma yöntemlerinin karadut suyunun glukoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Geleneksel yöntemle berraklaştırma	8	4,90	0,47	4,23	5,58
Ultrafiltrasyon (100 kDa)	8	4,87	0,36	4,29	5,29
Ultrafiltrasyon (30 kDa)	8	4,69	0,23	4,37	5,15
Toplam	24	4,82	0,36	4,23	5,58

ANOVA Tablosu

	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,201	2	0,100	0,749	0,485
Gruplar içi	2,812	21	0,134		
Toplam	3,013	23			

Çizelge 4.23. Farklı konsantrasyon yöntemlerinin karadut suyunun glukoz içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması için varyans analizi tablosu

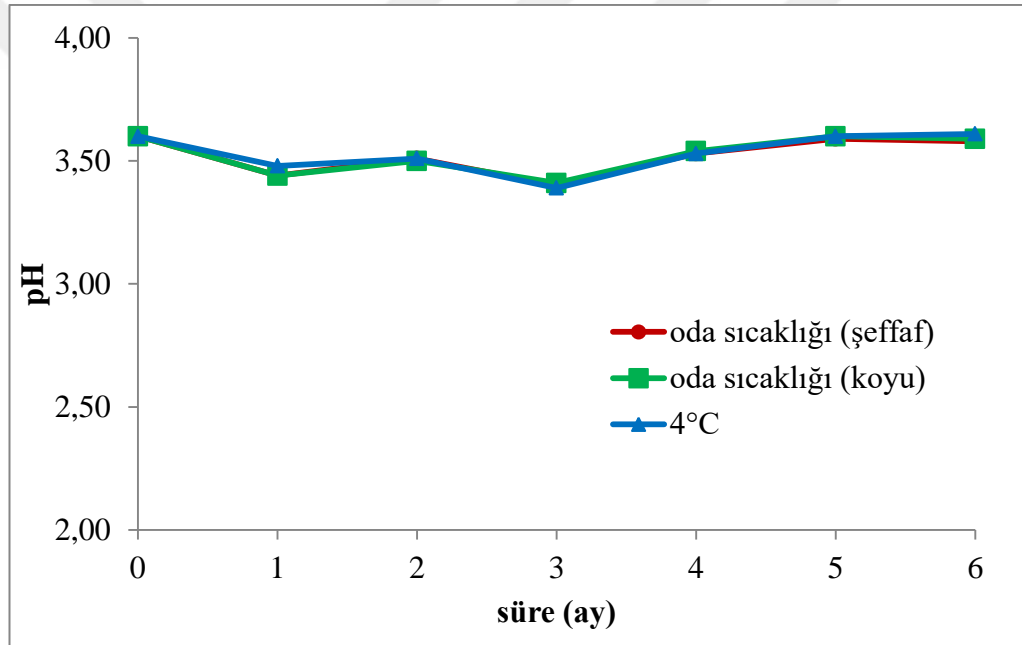
Betimsel İstatistikler					
	N	ortalama	std. sapma	minimum	maksimum
Membran destilasyon (MD)	6	4,80	0,39	4,23	5,29
Ozmotik destilasyon (OD)	6	4,69	0,37	4,29	5,40
Tümleşik sistem (OD+MD)	6	4,91	0,47	4,37	5,58
Termal evaporasyon	6	4,89	0,23	4,54	5,15
Toplam	24	4,82	0,36	4,23	5,58

ANOVA Tablosu

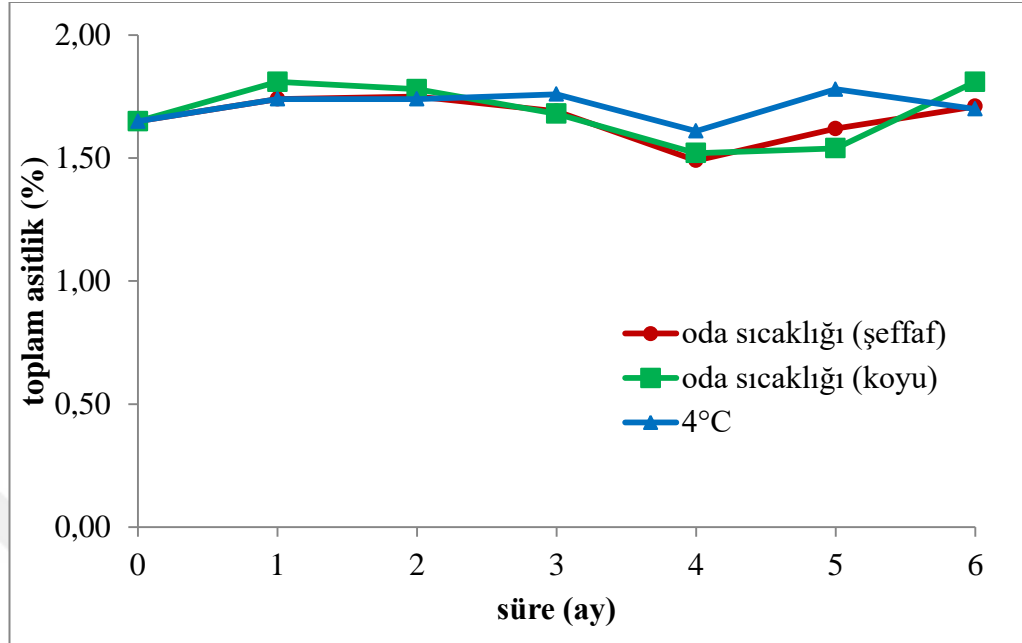
	kareler toplamı	df	ortalama kare	F	<i>p</i>
Gruplar arası	0,179	3	0,060	0,421	0,740
Gruplar içi	2,834	20	0,142		
Toplam	3,013	23			

4.2. Depolama Sürecinde Karadut Suyunun Bazı Fizikokimyasal Özelliklerindeki Değişim

Karadut sularının farklı koşullarda depolanmaları sürecinde pH ve toplam asitlik değerlerindeki değişimler Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de gösterilmektedir. Her iki şekilden görüleceği üzere depolama boyunca gerek farklı sıcaklıklarda ve gerekse ışık etkisinin belirlenmesi amacıyla değerlendirmeye alınan farklı renklere sahip şişelerin kullanımı sırasında pH ve toplam asitlik değerlerinde önemli değişimler gözlenmemiştir.

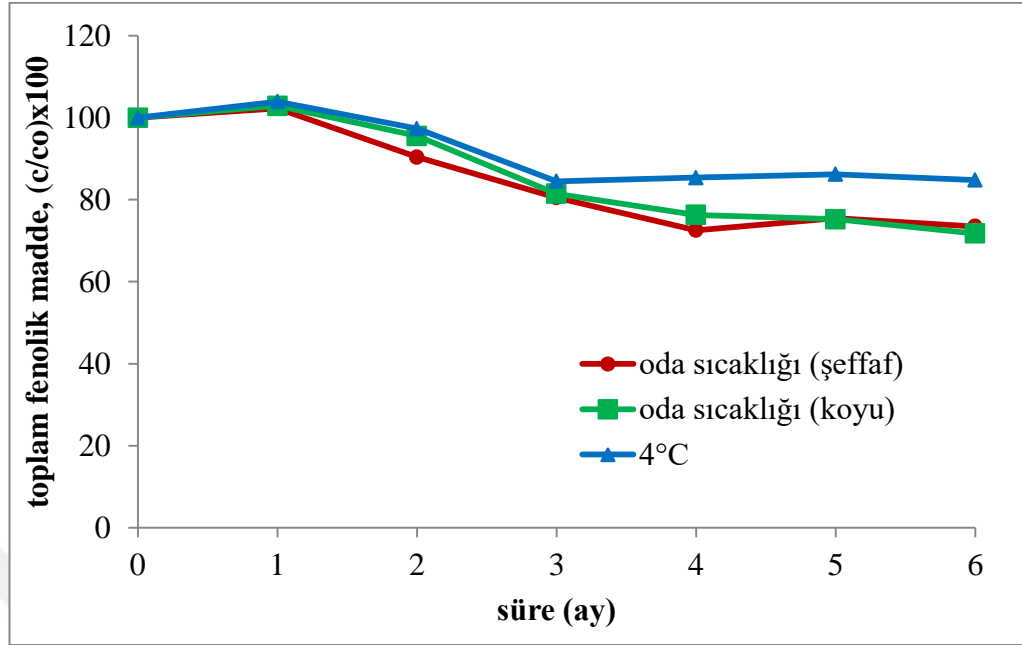


Şekil 4.21. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince pH değerlerindeki değişim



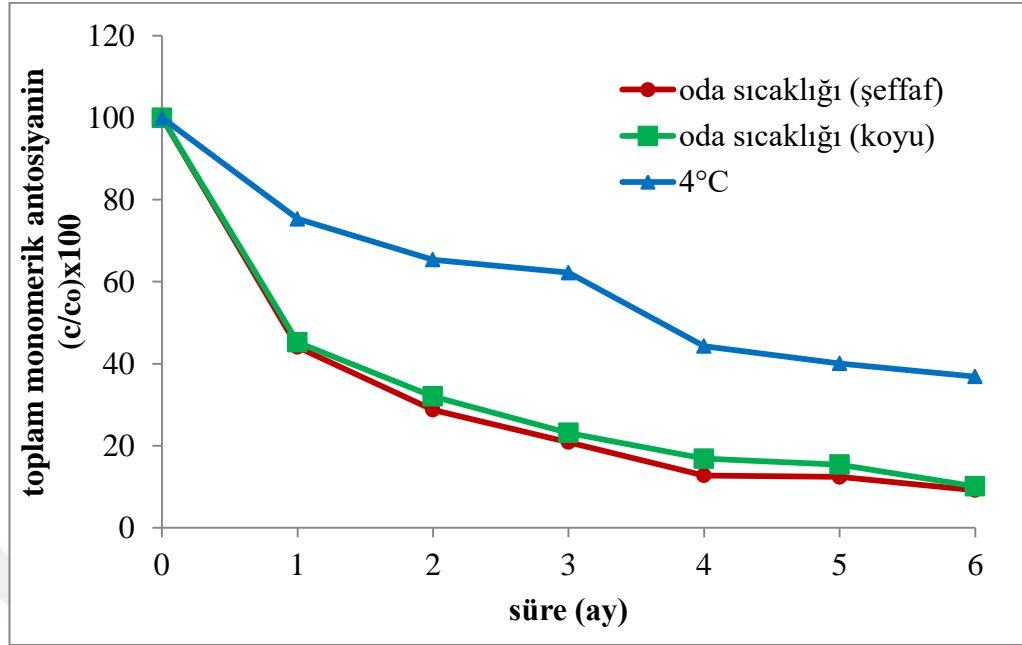
Şekil 4.22. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince titrasyon asitliği değerlerindeki değişim

Karadut suyunun depolanması sırasında toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Şekil 4.23'de gösterilmektedir. Özellikle ilk 3 ay içerisinde kaybın gerçekleştiği ve bu noktada farklı depolama koşullarına bağlı olarak %15-20'lik bir kayıp meydana geldiği görülmektedir. Daha sonraki süreçte ise nispeten yatay bir seyir gözlenmiş olup, toplam fenolik madde kaybı 6 ay depolama süresi sonunda buzdolabında muhafaza edilen örneklerde %15, oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde ise %27-28 seviyelerinde gözlenmiştir. Karadut sularının şeffaf veya koyu renkli (amber) şişelerde muhafaza edilmesinin ise örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı üzerinde anlamlı bir etkisi söz konusu olmamıştır.



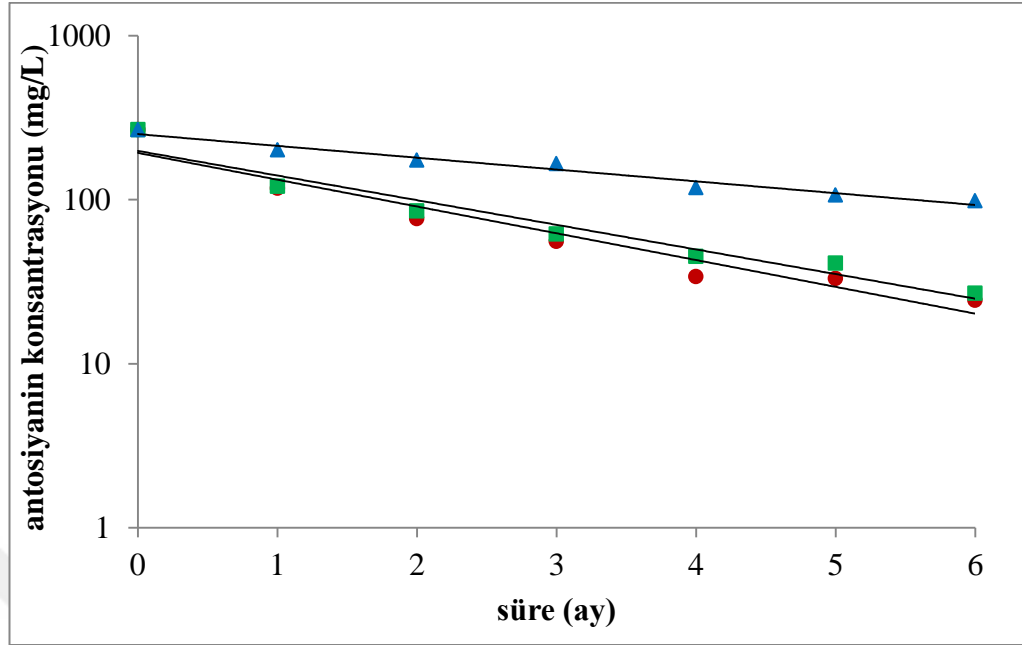
Şekil 4.23. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim

Şekil 4.24'te örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin içeriğindeki değişim gösterilmektedir. Her üç depolama koşulunda da zamana bağlı olarak önemli oranda antosiyanin kaybı meydana gelmiştir. Bununla birlikte buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilme durumunda görece olarak antosiyaninlerin daha iyi korunduğu söylenebilir. Nitekim toplam monomerik antosiyanin kaybı 6 ay sonunda oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde %90 seviyesinde iken, buzdolabı koşullarında bu kayıp oranı %63 olarak tespit edilmiştir. Literatürde de çeşitli meyve sularının depolanmaları sürecinde antosiyanin kaybı üzerine en önemli faktörün sıcaklık olduğunu ortaya koyan pek çok araştırma mevcuttur (Alighourchi ve ark., 2008; Vegara ve ark., 2013).



Şekil 4.24. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince toplam monomerik antosiyanin içeriğindeki değişim

Depolama süresince antosiyanin kaybının 1. dereceden reaksiyon kinetiğine göre gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.25). Bu anlamda elde edilen kinetik parametreler Çizelge 4.24'te verilmiştir. Reaksiyon hız sabitleri incelendiğinde depolama boyunca antosiyanin kaybının buzdolabı koşullarına nazaran oda sıcaklığında iki katın üzerinde bir hızla gerçekleştiği, koyu ve şeffaf şişelerde muhafaza edilen örneklerde bu anlamda çok önemli bir fark olmadığı ancak çok az da olsa koyu renkli şişelerde antosiyanin kayıp hızının daha az olduğu görülmektedir. Nitekim antosiyanin kaybına dair yarılanma ömürleri de yukarıdaki açıklamalara paralel olarak şeffaf şişelerdeki örneklerde 1,84 ay, koyu renkli şişelerdeki örnekler için 2,00 ay olarak gerçekleşirken buzdolabı sıcaklığında bu sürenin 4,18 ay olarak gerçekleştiği görülmektedir.

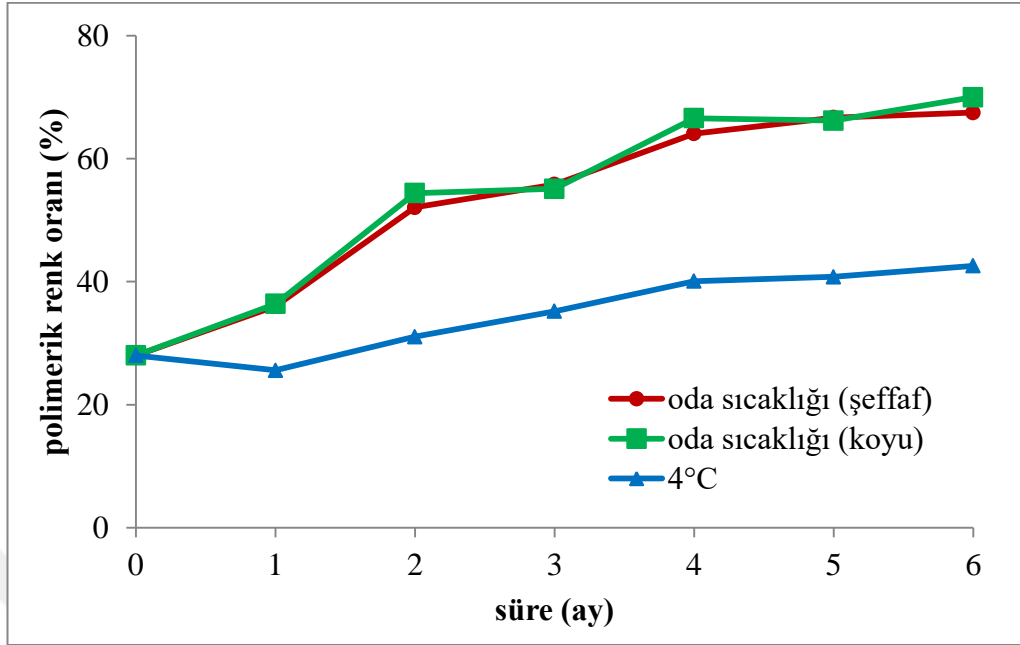


Şekil 4.25. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince 1. derece reaksiyon kinetiğine göre toplam monomerik antosiyanin içeriğindeki değişim

Çizelge 4.24. Farklı koşullarda depolanan karadut sularında antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler

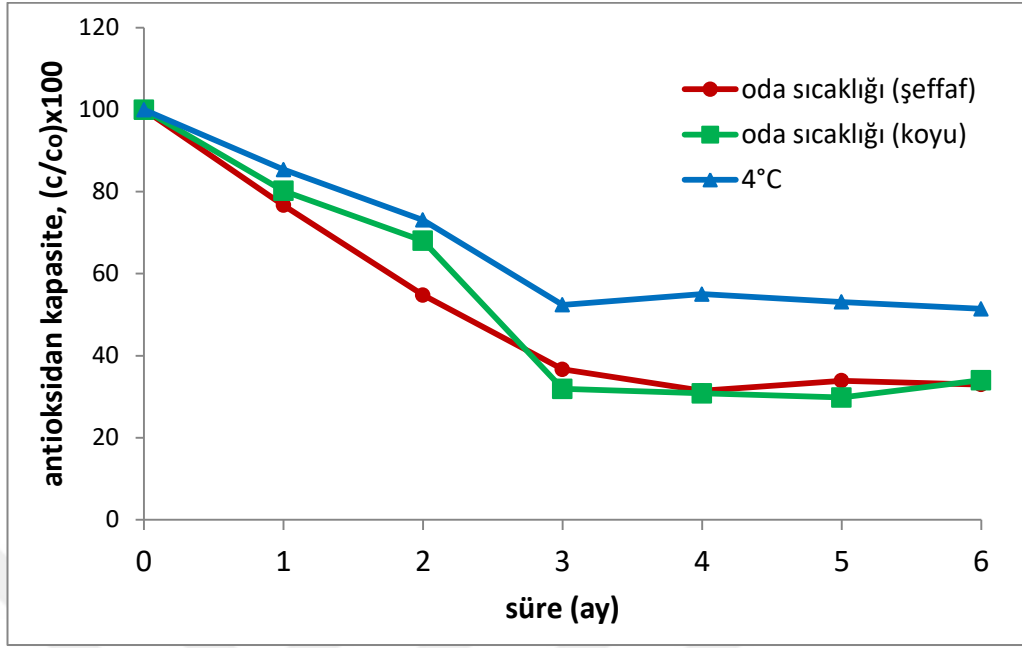
Depolama koşulu	Reaksiyon denklemi	R ²	k (ay ⁻¹)	t _{1/2} (ay)
Oda sıcaklığı (şeffaf)	lny = -0,3761x + 5,2623	0,9374	0,3761	1,84
Oda sıcaklığı (koyu)	lny = -0,3459x + 5,2903	0,9463	0,3459	2,00
+4°C	lny = -0,1659x + 5,5267	0,9661	0,1659	4,18

Antosiyanin içeriğinde yukarıda ifade edilen parçalanma neticesinde polimerik renk oranında da doğal olarak artış gözlenmiştir (Şekil 4.26). Nitekim 6 aylık depolama süresi sonunda oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde polimerik renk oranı yaklaşık 4 kat artış göstermiştir. Buna karşılık bu değerdeki artış oranı buzdolabı koşullarında muhafaza edilen örnekler için 2,4 kat seviyesindedir.



Şekil 4.26. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince polimerik renk oranı değerlerindeki değişim

Örneklerin antioksidan kapasite içeriklerinin depolama boyunca değişimi Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Gerek oda sıcaklığında ve gerekse buzdolabında muhafaza edilen örneklerdeki antioksidan kapasite değerlerinin özellikle ilk üç ay içerisinde çok daha hızlı bir azalış gösterdiği görülmekte olup, 6 aylık depolama sonunda oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerdeki kayıp oranı yaklaşık %70 iken, buzdolabında bu oran %50 seviyelerindedir.



Şekil 4.27. Karadut suyunun farklı koşullarda depolanması süresince antioksidan kapasite içeriklerindeki değişim

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Meyve sularının konsantrasyonu amacıyla geleneksel olarak uygulanan termal evaporasyon yönteminin, ürünün duyuşal ve besinsel özellikleri üzerine kullanılan ısı işlem normlarına bağı olarak az ya da çok olumsuz etki göstermesi ve bu anlamda ürün kalitesinin azalmasına yol açması söz konusu olabilir. Buna karşılık konsantrasyon amacıyla membran sistemlerinin kullanımı ise söz konusu olumsuzlukların giderilmesi ve yüksek kalitede ürün üretilmesi açısından çok önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda gerçekleştirilen tez çalışmasında karadut suyunun farklı ön işlem uygulamalarının ardından membran destilasyon, ozmotik destilasyon ve her iki yöntemin kombine olarak kullanıldığı tümleşik sistem ile konsantre edilmesi üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra geleneksel termal evaporasyon ile de karadut suyu konsantrasyonu gerçekleştirilmiş ve ürün karakteristikleri açısından geleneksel yöntemin membran sistemleri ile karşılaştırılması sağlanmıştır. Ayrıca karadut suyu üretim prosesi içerisinde berraklaştırma amacıyla kullanılan geleneksel jelatin-bentonit uygulaması ile bu anlamda alternatif bir membran seperasyon yöntemi olan ultrafiltrasyonun etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca, farklı koşullarda gerçekleştirilen depolama süreçlerinin ürünün bazı fiziko-kimyasal özellikleri üzerine etkileri de incelenmiştir.

Konsantrasyon öncesinde meyve sularının berraklaştırılması amacıyla ultrafiltrasyondan yararlanılması, hem sürecin hızlandırılması ve hem de berraklaştırma ajanlarına olan gereksinimi ortadan kaldırması noktasında önemli bir avantaja sahiptir. Ultrafiltrasyon uygulamasının ürün kalitesine etkileri değerlendirildiğinde ise kullanılan membranların gözenek çapının önemli bir faktör olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Nitekim geleneksel jelatin-bentonit berraklaştırması ve 100 kDa gözenek çapına sahip ultrafiltrasyon membranı kullanımı, son ürünün fizikokimyasal karakteristikleri açısından nispeten benzer sonuçlar vermişken, 30 kDa ultrafiltrasyon membranı kullanımının ise antosiyaninler ve diğer fenolik maddeleri tutma noktasında daha etkili olduğu görülmektedir.

Karadut suyunun konsantrasyonu amacıyla geleneksel termal evaporasyon ve membran sistemleri kıyaslandığında, incelenen pek çok analitik özellik açısından önemli farklılıklar elde edilmiştir. Özellikle örneklerin toplam monomerik antosiyanin, polimerik renk oranı, antioksidan kapasite ve HMF düzeyleri dikkate alındığında, membran sistemleri ile konsantrasyonun çok daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Nitekim geleneksel termal evaporasyon ile konsantre edilen örneklerdeki toplam antosiyanin miktarı, membran sistemleri ile konsantre edilen örneklere göre yaklaşık %50 daha düşük düzeydedir. Bu durum termal evaporasyon sırasında uygulanan ısı işlem normlarına bağlı olarak antosiyaninlerin daha fazla parçalandığını ortaya koymaktadır. Antosiyaninlerin söz konusu koşullarda parçalanmalarının ve aynı zamanda ürünün doğal renginin bozulmaya başladığının göstergesi olan polimerik renk oranı da, sadece termal evaporasyonla konsantre edilen örneklerde %25 düzeylerine çıkmış, membran sistemleri kullanımında ise bu oran %10'un altında kalmıştır. Yine termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerdeki antioksidan kapasite değerleri, membran sistemleri ile konsantre edilenlere kıyasla daha düşük düzeyde kalmıştır. Bunların yanı sıra proste uygulanan ısı işlem şiddetinin belirteci olan ve bu anlamda önemli bir kalite kriteri olarak değerlendirilen HMF oluşumu da yine sadece geleneksel termal evaporasyon yöntemi ile konsantre edilen örneklerde belirlenmiştir. Örneklerdeki pH, toplam asitlik ve şeker gibi bazı özellikler açısından ise konsantrasyon yönteminin anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Membran sistemleri kendi aralarında kıyaslandığında ise, ozmotik destilasyon ile konsantre edilen karadut suyu örneklerinin membran destilasyon yönteminin kullanılmasına kıyasla bazı fizikokimyasal özellikler açısından daha iyi sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir. Ozmotik destilasyon yöntemi ile konsantrasyonun oda sıcaklığında gerçekleştirilmesi ve bu anlamda ürüne herhangi bir ısı uygulama gerçekleştirilmemesi bu anlamda etkilidir. Bununla birlikte söz konusu gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı da belirtilmesi gerekir. Ozmotik destilasyon ve membran destilasyon yönteminin bir arada kullanıldığı tümleşik membran sistemi ise, konsantrasyon süresinin kısaltılması açısından önemli bir avantaja sahiptir. Kullanılan membran maliyetleri yanı sıra

akının nispeten düşük olmasına bağlı olarak konsantrasyon süresinin uzun olması, membran sistemlerinin en büyük dezavantajları olarak görölmektedir. Bu anlamda söz konusu dezavantajların giderimine yönelik farklı proses parametrelerinin ele alındığı alternatif çalışmaların yapılması, bu yöntemlerin endüstriye adaptasyonu noktasında önemli kazanımlar ortaya koyacaktır.

Farklı depolama koşullarında karadut suyunun bazı fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi noktasında depolama süresi yanında sıcaklık ve ışığın etkileri değerlendirmeye alınmıştır. Genel olarak ışığın etkisi bu anlamda önemli bulunmamışken, depolama süresince özellikle antosiyanin miktarı ve antioksidan kapasite içeriğinde önemli düşüşler gözlenmiş, polimerik renk değeri ise artmıştır. Depolama süresince antosiyanin miktarındaki kaybın birinci derece reaksiyon kinetiğine göre gerçekleştirdiği belirlenmiş, bu noktada özellikle sıcaklığın önemli bir faktör olarak ortaya çıktığı görölmüştür. Nitekim antosiyanin kaybına dair yarılanma ömürleri dikkate alındığında oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerdeki kaybın, buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilenlere kıyasla iki kat daha hızlı olduğu tespit edilmiştir. Benzer değerlendirme polimerik renk oluşumu açısından da söz konusu olup, bu anlamda da buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen örneklerdeki polimerik renk değerleri daha düşük seviyede kalmıştır. Örneklerin antioksidan kapasite değerlerindeki azalma, özellikle depolamanın ilk üç ayı içerisinde gerçekleşmiş ve bu noktada da sıcaklık önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, ürünün kalite özellikleri açısından depolama sıcaklığının düşük tutulmasının yararlı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Acar, J., Gökmen, V., 2005. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Cilt 1- Meyve ve Sebze Suları Üretimi. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 674 s.
- Akin, M., Eyduran, S.P., Ercisli, S., Kapchina-Toteva, V., Eyduran, E., 2016. Phytochemical profiles of wild blackberries, black and white mulberries from southern Bulgaria. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 30, 899-906.
- Alighourchi, H., Barzegar, M., Abbasi, S., 2008. Anthocyanins characterization of 15 Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties and their variation after cold storage and pasteurization. *European Food Research and Technology*, 227, 881-887.
- Alvarez, S., Riera, F.A., Alvarez, R., Cocai J., 2002. Concentration of apple juice by reverse osmosis at laboratory and pilot-plant scales. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 41, 6156-6164.
- Alves, V.D., Coelho, I.M., 2006. Orange juice concentration by osmotic evaporation and membrane distillation: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 74, 125–133.
- Bahçeci, K.S., 2012. Effects of pretreatment and various operating parameters on permeate flux and quality during ultrafiltration of apple juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 315-324.
- Bahmanyar, A., Asghari, M., Khoobi, N., 2012. Numerical simulation and theoretical study on simultaneously effects of operating parameters in direct contact membrane distillation. *Chemical Engineering and Processing*, 61, 42-50.
- Baklouti, S., Ellouze-Ghorbel, R., Mokni, A., Chaabouni, S., 2012. Clarification of pomegranate juice by ultrafiltration: study of juice quality and of the fouling mechanism. *Fruits*, 67, 215-225.
- Banvolgyi, S., Horvath, S., Stefanovits-Banyai, E., Bekassy-Molnar, E., Vatai, G., 2009. Integrated membrane process for blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) juice concentration. *Desalination*, 241, 281-287.
- Bhattacharjee, C., Saxena, V.K., Dutta, S., 2017. Fruit juice processing using membrane technology: a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 136-153.
- Boranbayeva, T., Karadeniz, F., Yılmaz, E., 2014. Effect of storage on anthocyanin degradation in black mulberry juice and concentrates. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1894-1902.

- Budiman, A., Aulifa, D.L., Kusuma, A.S.W., Sulastri, A., 2017. Antibacterial and antioxidant activity of black mulberry (*Morus nigra* L.) extract for acne treatment. *Pharmacognosy Journal*, 9, 611-614.
- Bui, V.A., Nyugen, M.H., Muller, J., 2004. A laboratory study on glucose concentration by osmotic distillation in hollow fibre module. *Journal of Food Engineering*, 63, 237-245.
- Calin-Sanchez, A., Martinez-Nicolas, J.J., Munera-Picazo, S., Carbonell-Barrachina, A.A., Legua, P., Hernandez, F., 2013. Bioactive compounds and sensory quality of black and white mulberries grown in Spain. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68, 370-377.
- Cassano, A., Conidi, C., Drioli, E., 2011. Clarification and concentration of pomegranate juice (*Punica granatum* L.) using membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 107, 366-373.
- Cassano, A., Drioli, E., Galaverna, G., Marchelli, R., Di Silvestro, G., Cagnasso, P., 2003. Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 57, 153-163.
- Cassano, A., Figoli, A., Tagarelli, A., Sindona, G., Drioli, E., 2006. Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwifruit juice. *Desalination*, 189, 21-30.
- Cassano, A., Marchio, M., Drioli, E., 2007. Clarification of blood orange juice by ultrafiltration: analyses of operating parameters, membrane fouling and juice quality. *Desalination*, 212, 15-27.
- Chen, H., Pu, J., Liu, D., Yu, W., Shao, Y., Yang, G., Wiang, Z., He, N., 2016. Anti-inflammatory and antinociceptive properties of flavonoids from the fruits of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Plos One*, 11(4), e0153080.
- Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi, J., Wu, X., 2017. Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 178-184.
- Couto, D.S., Cabral, L.M.C., Da Matta, V.M., Deliza, R., Freitas, D.D.C., 2011. Concentration of pineapple juice by reverse osmosis: physicochemical characteristics and consumer acceptance. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 31, 905-910.
- Curcio, E., Drioli, E., 2005. Membrane distillation and related operations - a review. *Separation and Purification Reviews*, 34, 35-86.
- Darias-Martin, J., Lobo-Rodrigo, G., Hernandez-Cordero, J., Diaz-Daz, E., Diaz-Romero, C., 2003. Alcoholic beverages obtained from black mulberry. *Food Technology and Biotechnology*, 41, 173-176.

- Dinçer, C., 2014. Ultrases ve Membran Konsantrasyon Yöntemlerinin Karadut (*Morus nigra* L.) Suyu Konsantresi Üretiminde Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Dinçer, C., Tontul, İ., Topuz, A., 2016. A comparative study of black mulberry juice concentrates by thermal evaporation and osmotic distillation as influenced by storage. *Innovative Food Sciences and Emerging Technologies*, 38, 57-64.
- Durmuş, E., 2001. Türkiye Meyve Üretim Yörelereinin Belirlenmesi Konusunda Bir Deneme. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Echavarria, A.P., Falguera, V., Torras, C., Berdun, C., Pagan, J., 2011. Fruit juice processing and membrane technology application. *Food Engineering Reviews*, 3, 136-158.
- Echavarria, A.P., Falguera, V., Torras, C., Berdun, C., Pagan, J., Ibarz, A., 2012. Ultrafiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of fruit juices at pilot plant scale. *LWT-Food Science and Technology*, 46, 189-195.
- El-Abbassi, A., Hafidi, A., Khayet, M., Garcia-Payo, M.C., 2013. Integrated direct contact membrane distillation for olive mill wastewater treatment. *Desalination*, 323, 31-38.
- Elmacı, Y., Altuğ, T., 2002. Flavour evaluation of three black mulberry (*Morus nigra*) cultivars using GC/MS, chemical and sensory data. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 632-635.
- Ercisli, S., Orhan, E., 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*, 103, 1380-1384.
- Ercisli, S., Orhan, E., 2008. Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Northeast Anatolia region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 116, 41-46.
- Ercisli, S., Tosun, M., Duralija, B., Voca, S., Sengul, M., Turan, M., 2010. Phytochemical content of some black (*Morus nigra* L.) and purple (*Morus rubra* L.) mulberry genotypes. *Food Technology and Biotechnology*, 48, 102-106.
- Esmaceli-Adabi, M., Nikbakht, A.M., Motevali, A., Mousavi-Seyedi, S.R., 2013. Investigation of black mulberry drying kinetics applying different pretreatments. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 23-34.

- Eyduran, S.P., Ercisli, S., Akin, M., Beyhan, O., Gecer, M.K., Eyduran, E., Erturk, Y.E., 2015. Organic acids, sugars, vitamin C, antioxidant capacity, and phenolic compounds in fruits of white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry genotypes. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 88, 134-138.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Ashtari, A.K., Omid, M., 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 90, 667-675.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Omid, M., Kalbasi-Ashtari, A., 2013c. Prediction of the physicochemical properties of spray-dried black mulberry (*Morus nigra*) juice using artificial neural networks. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 585-590.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Yarmand, M.S., 2016. Optimization of spray drying conditions for production of ice cream mix powder flavored with black mulberry juice. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 1557-1570.
- Fazaeli, M., Hojjatpanah, G., Emam-Djomeh, Z., 2013a. Effects of heating method and conditions on the evaporation rate and quality attributes of black mulberry (*Morus nigra*) juice concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, 50, 35-43.
- Fazaeli, M., Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., 2013b. Investigation on the effects of microwave and conventional heating methods on the phytochemicals of pomegranate (*Punica granatum* L.) and black mulberry juices. *Food Research International*, 50, 568-573.
- Gecer, M.K., Akin, M., Gundogdu, M., Eyduran, S.P., Ercisli, S., Eyduran, E., 2016. Organic acids, sugars, phenolic compounds, and some horticultural characteristics of black and white mulberry accessions from Eastern Anatolia. *Canadian Journal of Plant Science*, 96, 27-33.
- Gecgel, U., Velioglu, S.D., Velioglu, H.M., 2011. Investigating some physicochemical properties and fatty acid composition of native black mulberry (*Morus nigra* L.) seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88, 1179-1187.
- Girard, B., Fukumoto, L.R., 2000. Membrane processing of fruit juices and beverages: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40, 91-157.
- Gomes, F.D., da Costa, P.A., de Campos, M.B.D., Couri, S., Cabral, L.M.C., 2011. Concentration of watermelon juice by reverse osmosis process. *Desalination and Water Treatment*, 27, 120-122.

- Gonzalez, E.A., Agrasar, A.T., Castro, L.M.P., Fernandez, I.O., Guerra, N.P., 2010. Production and characterization of distilled alcoholic beverages obtained by solid-state fermentation of black mulberry (*Morus nigra* L.) and black currant (*Ribes nigrum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 2529-2535.
- Göğüş, F., Lewis, A.C., Özel, M.Z., 2011. Analysis of black mulberry volatiles using GCxGC-TOF/MS. *International Journal of Food Properties*, 14, 29-36.
- Gundogdu, M., Muradoglu, F., Gazioglu Sensoy, R.I., Yilmaz, H., 2011. Determination of fruit chemical properties of *Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L. by HPLC. *Scientia Horticulturae*, 132, 37-41.
- Gültekin-Özgülven, M., Karadağ, A., Duman, Ş., Özkal, B., Özçelik, B., 2016. Fortification of dark chocolate with spray dried black mulberry (*Morus nigra*) waste extract encapsulated in chitosan-coated liposomes and bioaccessibility studies. *Food Chemistry*, 201, 205-212.
- Han, Q., Gao, H., Chen, H., Fang, X., Wu, W., 2017. Precooling and ozone treatments affects postharvest quality of black mulberry (*Morus nigra*) fruits. *Food Chemistry*, 221, 1947-1953.
- Hojjatpanah, G., Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., 2011. Effects of heating method and conditions on the quality attributes of black mulberry (*Morus nigra*) juice concentrate. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 956-962.
- Jiang, B., Mantri, N., Hu, Y., Lu, J., Jiang, W., Lu, H., 2014. Evaluation of bioactive compounds of black mulberry juice after thermal microwave ultrasonic processing and storage at different temperatures. *Food Science and Technology International*, 21, 392-399.
- Jiang, Y., Dai, M., Nie, W.J., Yang, X.R., Zeng, X.C., 2017. Effects of ethanol extract of black mulberry (*Morus nigra* L.) fruit on experimental atherosclerosis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 200, 228-235.
- 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.
- Kalt, W., 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science*, 70, 11-19.
- Kamiloglu, S., Serali, O., Unal, N., Capanoglu, E., 2013. Antioxidant activity and polyphenol composition of black mulberry (*Morus nigra* L.) products. *Journal of Berry Research*, 3, 41-51.

- Karabıyıklı, Ş., Değirmenci, H., Karapınar, M., 2017. Inactivation of *Listeria monocytogenes* in black mulberry (*Morus nigra*) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e12840.
- Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T., & Yamasaki, Y. (2009). Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Food Chemistry*, 113, 964–969.
- Khalid, N., Fawad, S.A., Ahmed, I., 2011. Antimicrobial activity, Phytochemical profile and trace minerals of black mulberry (*Morus nigra* L.) fresh juice. *Pakistan Journal of Botany*, 43, 91-96.
- Koca, I., Ustun, N.S., Koca, A.F., Karadeniz, B., 2008. Chemical composition, antioxidant activity and anthocyanin profiles of purple mulberry (*Morus rubra*) fruits. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6, 39-42.
- Koyuncu, F., 2004. Organic acid composition of native black mulberry fruit. *Chemistry of Natural Compounds*, 40, 367-369.
- Koyuncu, F., Çetinbaş, M., İbrahim, E., 2014. Nutritional constituents of wild-grown black mulberry (*Morus nigra* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87, 93-96.
- Koyuncu, F., Koyuncu, M.A., Yıldırım, F., Vural, E., 2004. Evaluation of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Lakes Region, Turkey. *European Journal of Horticultural Science*, 69, 125-131.
- Kozak A., Bekassy-Molnar, E., Vatai, G., 2009. Production of black-currant juice concentrate by using membrane distillation. *Desalination*, 241, 309-314.
- 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.
- Kutlu, T., Durmaz, G., Ateş, B., Yılmaz, İ., Çetin, M.Ş., 2011. Antioxidant properties of different extracts of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Turkish Journal of Biology*, 35, 103-110.
- Martinez, L., Rodriguez-Maroto, J.M., 2008. Membrane thickness reduction effects on direct contact membrane distillation performance. *Journal of Membrane Science*, 312, 143-156.
- Matta, V.M., Moretti, R.H., Cabral, L.M.C., 2004. Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. *Journal of Food Engineering*, 61, 477-482.

- Mena, P., Sanchez-Salcedo, E.M., Tassotti, M., Martinez, J.J., Hernandez, F., Del Rio, D., 2016. Phytochemical evaluation of eight White (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry clones grown in Spain based on UHPLC-ESI-MS metabolomic profiles. *Food Research International*, 89, 1116-1122.
- Mikulic-Petkovsek, M., Schmitzer, V., Slatnar, A., Stampar, F., Veberic, F., 2012. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *Journal of Food Science*, 77, 1064-1070.
- Minhas, M.A., Begum, A., Hamid, S., Babar, M., Ilyas, R., Ali, S., Latif, F., Andleeb, S., 2016. Evaluation of antibiotic and antioxidant activity of *Morus nigra* (black mulberry) extracts against soil borne, food borne and clinical human pathogens. *Pakistan Journal of Zoology*, 48, 1381-1388.
- Mirsaeedghazi, H., Mousavi, S.M., Emam-Djomeh, Z., Rezaei, K., Aroujalian, A., Navidbakhsh, M., 2012. Comparison between ultrafiltration and microfiltration in the clarification of pomegranate juice. *Journal of Food Process Engineering*, 35, 424-436.
- Naderi, G.A., Asgary, S., Sarraf-Zadegan, N., Oroojy, H., Afshin-Nia, F., 2004. Antioxidant activity of three extracts of *Morus nigra*. *Phytotherapy Research*, 18, 365-369.
- 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.
- Onsekizoğlu, P., Bahçeci, K.S., Acar, J., 2010a. Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: a comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*, 352, 160-165.
- Onsekizoğlu, P., Bahçeci, K.S., Acar, J., 2010b. The use of factorial design for modeling membrane distillation. *Journal of Membrane Science*, 349, 225-230.
- Onsekizoğlu, P., 2013. Production of high quality clarified pomegranate juice concentrate by membrane processes. *Journal of Membrane Science*, 442, 264-271.
- Özgen, M., Serçe, S., Kaya, C., 2009. Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119, 275-279.
- 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, 657 s.

- Pap, N., Kertesz, S., Pongracz, E., Myllykoski, L., Keiski, R.L., Vatai, G., Laszlo, Z., Beszedes, S., Hodur, C., 2009. Concentration of blackcurrant juice by reverse osmosis. *Desalination*, 241, 256-264.
- Patil, G., Raghavarao, K.S.M.S., 2007. Integrated membrane process for the concentration of anthocyanin. *Journal of Food Engineering*, 78, 1233-1239.
- 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.
- Pehlivan, M., Kaya, T., Doğru, B., Lara, I., 2015. The effect of frozen storage on the phenolic compounds of *Morus nigra* L. (black mulberry) and *Morus alba* L. (white mulberry) fruit. *Fruits*, 70, 117-122.
- Petrotos, K.B., Lazarides, H.N., 2001. Osmotic concentration of liquid foods. *Journal of Food Engineering*, 49, 201-206.
- Priya, S., 2012. Medicinal values of mulberry – an overview. *Journal of Pharmacy Research*, 5, 3588-3596.
- Radojkovic, M.M., Zekovic, Z.P., Vidovic, S.S., Kocar, D.D., Maskovic, P.Z., 2012. Free radical scavenging activity and total phenolic and flavonoid contents of mulberry (*Morus* spp. L., Moraceae) extracts. *Hemijaska Industrija*. 66, 547-552.
- Rai, P., De, S., 2009. Clarification of pectin-containing juice using ultrafiltration. *Current Science*, 96, 1361-1371.
- Rektor, A., Vatai, G., Bekassy-Molnar, E., 2006. Multi-step membrane processes for the concentration of grape juice. *Desalination*, 191, 446-453.
- 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.
- Sanchez, E.M., Calin-Sanchez, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Melgarejo, P., Hernandez, F., Martines-Nicolas, J.J., 2014. Physicochemical characterisation of eight Spanish mulberry clones: processing and fresh market aptitudes. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 477-483.
- Sanchez-Salcedo, E.M., Mena, P., Garcia-Viguera, C., Hernandez, F., Martinez, J.J., 2015. (Poly)phenolic compounds and antioxidant activity of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry leaves: their potential for new products rich in phytochemicals. *Journal of Functional Foods*, 18, 1039-1045.

- Sanchez-Salcedo, E.M., Sendra, E., Carbonell-Barrachina, A.A., Martinez, J.J., Hernandez, F., 2016. Fatty acid composition of Spanish black (*Morus nigra* L.) and white (*Morus alba* L.) mulberries. *Food Chemistry*, 190, 566-571.
- Santana, I., Gurak, P.D., da Matta, V.M., Freitas, S.P., Cabral, L.M.C., 2011. Concentration of grape juice (*Vitis labrusca*) by reverse osmosis process. *Desalination and Water Treatment*, 27, 103-107.
- Sharma, A., Sharma, R., Machii, H., 2000. Assessment of genetic diversity in a *Morus* germplasm collection using fluorescence-based AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 101, 1049-1055.
- Souza, A.L.R., Pagani, M.M., Dornier, M., Gomes, F.S., Tonon, R.V., Cabral, L.M.C., 2013. Concentration of camu-camu juice by the coupling of reverse osmosis and osmotic evaporation processes. *Journal of Food Engineering*, 119, 7-12.
- Srivastava, S., Kapoor, R., Thathola, A., & Srivastava, R. P. (2003). Mulberry (*Morus alba*) leaves as human food: A new dimension of sericulture. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(6), 411-416.
- Suh, H.J., Noh, D.O., Kang, C.S., Kim, J.M., L, S.W., 2003. Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract. *Nahrung/Food*, 47, 132-135.
- Targhi, R.G., Homayoun, M., Mansouri, S., Soukhtanloo, M., Soleymanifard, S., Seghatoleslam, S., 2017. Radio protective effect of black mulberry extract on radiation-induced damage in bone marrow cells and liver in the rat. *Radiation Physics and Chemistry*, 130, 297-302.
- Taser, O.F., Tarhan, S., Ergunes, G., 2007. Effects of chemical pretreatments on air-drying process of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Journal of Scientific and Industrial Research*, 66, 477-482.
- Tomas, M., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Hall, R.D., Beekwilder, J., Capanoglu, E., 2015. The effects of juice processing on black mulberry antioxidants. *Food Chemistry*, 186, 277-284.
- Tomas, M., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Hall, R.D., Beekwilder, J., Capanoglu, E., 2017. Processing black mulberry into jam: effects on antioxidant potential and in vitro bioaccessibility. *Journal of the Science and Food and Agriculture*, 97, 3106-3113.
- Turgut, N.H., Mert, D.G., Kara, H., Egilmez, H.R., Arslanbas, E., Tepe, B., Gungor, H., Yilmaz, N., Tuncel, N.B., 2016. Effect of black mulberry (*Morus nigra*) extract treatment on cognitive impairment and oxidative stress status of D-galactose-induced aging mice. *Pharmaceutical Biology*, 54, 1052-1064.

- TÜİK, 2018. Bitkisel Üretim İstatistikleri. http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. (04.06.2018).
- Urosevic, T., Povrenovic, D., Vukosavljevic, P., Urosevic, I., Stevanovic, S., 2017. Recent developments in microfiltration and ultrafiltration of fruit juices. *Food and Bioproducts Processing*, 106, 147-161.
- Valdes, H., Romero, J., Saavedra, A., Plaza, A., Bubnovich, V., 2009. Concentration of noni juice by means of osmotic distillation. *Journal of Membrane Science*, 330, 205-213.
- Vegara, S., Marti, N., Mena, P., Saura, D., Valero, M., 2013. Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices. *LWT-Food Science and Technology*, 54, 592-596.
- Wang, R., Dev, S.R.S., Raghavan, V.G.S., Garipey, Y., 2013. Improving mulberry shelf-life using PEAKfresh package in cold environment. *Journal of Food Reserach and Technology*, 1, 73-79.
- Yiğit, D., Mavi, A., Aktaş, M., 2008. Antioxidant activities of black mulberry (*Morus nigra*). *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 1(2), 223-232.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KARAGÖZ, Işıl
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 1989 - Çorum
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 555 557 45 45
E-posta : isilaktr@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2012
Lise	Çorum Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013	Arben Catering (Havza/Samsun)	Sorumlu Müdür
2014-2017	Çorum Hitit Kız Yurdu	Gıda Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Aktürk, I., Bahçeci, K.S., 2017. Effects of storage temperature on total phenolics, anthocyanins and percent polymeric colour of black mulberry juice. 11th World Congress on Polyphenols Applications, June 20-21, Vienna, Austria, 76.

2. Aktürk, I., Bahçeci, K.S., 2016. Clarification and concentration of black mulberry juiceusing membrane processes. PERMEA and MELPRO Conference 2016, May 15-19, Prague, Czech Republic.

