E. ÜSTÜNKAYA, 2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MİKRODALGA VAKUM EVAPORASYON YÖNTEMİ KULLANILARAK ÜRETİLEN VİŞNE SUYU KONSANTRESİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ESRA ÜSTÜNKAYA

Eylül 2021

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MİKRODALGA VAKUM EVAPORASYON YÖNTEMİ KULLANILARAK ÜRETİLEN VİŞNE SUYU KONSANTRESİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ESRA ÜSTÜNKAYA

Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hande BALTACIOĞLU

Eylül 2021

Esra ÜSTÜNKAYA tarafından **Dr. Öğr. Üyesi Hande BALTACIOĞLU** danışmanlığında hazırlanan "Mikrodalga Vakum Evaporasyon Yöntemi Kullanılarak Üretilen Vişne Suyu Konsantresinin Kalite Özelliklerinin İncelenmesi" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Hasan TANGÜLER Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Erkan KARACABEY Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hande BALTACIOĞLU Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından …./10/2021 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun …./10/2021 tarih ve …..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../10/2021

Prof. Dr. Murat BARUT

MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel 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 bildiririm.

Esra ÜSTÜNKAYA

ÖZET

MİKRODALGA VAKUM EVAPORASYON YÖNTEMİ KULLANILARAK ÜRETİLEN VİŞNE SUYU KONSANTRESİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÜSTÜNKAYA, Esra
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Hande BALTACIOĞLU

Eylül 2021, 70 sayfa

Geleneksel yöntemin ortaya çıkardığı olumsuzlukları gidermek için yeni konsantrasyon teknikleri son yıllarda önem kazanmıştır. Mikrodalga vakum evaporasyon da bu teknikler arasındadır. Briksi 17,05 olan vişne suyu, mikrodalga vakum ve döner evaporasyon sistemleriyle 65,73 (0,02 MPa), 64,15 (0,04 MPa), 64,55 (0,06 MPa) ve 64,28 (döner evaporasyon) Briks'e konsantre edilmiştir. Mikrodalga vakum evaporasyon ile üretilen konsantrelerde döner evaporasyon tekniğine göre renk değerleri daha iyi korunmuştur. 0,06 MPa ve döner evaporasyon ile üretilen konsantrelerde oluşan HMF miktarının konsantre ürünlerde izin verilen limitler altında olduğu bulunmuştur. Mikrodalga vakum evaporasyonda yüksek basınç uygulaması antosiyanin miktarını arttırmıştır. 0,06 MPa mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemi ile elde edilen vişne suyu konsantrelerinin antioksidan aktivitelerinin kontrol örneğine benzer olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Antioksidan aktivite, döner evaporasyon, HMF (Hidroksimetil furfural), mikrodalga vakum evaporasyon, renk, toplam monomerik antosiyanin miktarı, vişne suyu

SUMMARY

INVESTIGATION OF QUALITY PROPERTIES OF SOUR CHERRY JUICE CONCENTRATE PRODUCED BY USING MICROWAVE VACUUM EVAPORATION METHOD

ÜSTÜNKAYA, Esra

Nigde Omer Halisdemir University

Graduate School of Natural ve Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Hande BALTACIOĞLU

September 2021, 70 pages

New concentration techniques have gained importance in recent years in order to eliminate the negativity caused by the traditional method. Microwave vacuum evaporation is one of these techniques dec Cherry juice with a brix of 17.05 was concentrated in Brixs with microwave vacuum and rotary evaporation systems of 65.73 (0.02 MPa), 64.15 (0.04 MPa), 64.55 (0.06 MPa) and 64.28 (rotary evaporation). Color values were better preserved in concentrates produced by microwave vacuum evaporation according to the rotary evaporation technique. It was found that the amount of HMF formed in concentrates produced with 0.06 MPa and rotary evaporation was below the permissible limits in concentrated products. The application of high pressure in microwave vacuum evaporation increased the amount of anthocyanin. It was found that the antioxidant activities of cherry juice concentrates obtained by the microwave vacuum evaporation and rotary evaporation process of 0.06 MPa were similar to the control sample.

Keywords: Antioxidant activity, cherry juice, color, HMF (Hydroxymethyl furfural), microwave vacuum evaporation, rotary evaporation, total amount of monomeric anthocyanin

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimine başladığım ilk günden beri kendisinden çok şey öğrendiğim, çalışmalarımda sabırla beni dinleyen ve önerileriyle yüreklendiren, desteği ve yardımları ile her zaman yanımda olan, çok değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hande BALTACIOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmam sırasında öneri ve bakış açılarıyla önemli katkılarda bulunan Tez jürisinin değerli üyeleri Sayın Doç. Dr. Hasan TANGÜLER ve Sayın Doç. Dr. Erkan KARACABEY'e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Sadece yüksek lisans eğitimim değil bütün eğitim hayatım boyunca desteğini esirgemeyen ve beni bu günlere getiren annem Rabia ÜSTÜNKAYA'ya, babam Abdulvahap ÜSTÜNKAYA'ya ve kardeşlerim Ezgi, Özgür ve Elanur'a teşekkür ederim. İlgi, sabır ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Gökhan TAŞTAN'A çok teşekkür ederim.

Bu çalışma, TGT 2020/6-BAGEP numaralı "Mikrodalga Vakum Evaporasyon Yöntemi Kullanılarak Üretilen Vişne Suyu Konsantresinin Kalite Özelliklerinin İncelenmesi" isimli BAP projesinden üretilmiş olup, projeye destek sağlayan Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
SUMMARY v
ÖN SÖZ vi
İÇİNDEKİLER vii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
ÇİZELGELER DİZİNİ x
SİMGE VE KISALTMALAR xi
BÖLÜM I GİRİŞ 1
BÖLÜM II KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
2.1 Meyve ve Meyve Suyu 3
2.2 Vişne 6
2.3 Meyve Sularının Konsantrasyonu 8
2.3.1 Atmosferik basınç altında evaporasyon yöntemi 9
2.3.2 Vakum altında evaporasyon yöntemi 10
2.3.3 Dondurarak konsantrasyon yöntemi 11
2.3.4 Membran sistemleri ile konsantrasyon yöntemi 12
2.4 Mikrodalga 13
2.4.1 Vakumlu mikrodalga evaporatör 19
2.4.1.1 Vakumlu mikrodalga evaporatör ile ilgili yapılan çalışmalar 19
BÖLÜM III MATERYAL VE YÖNTEM 26
3.1 Materyal 26
3.2 Yöntem 28
3.2.1 İşleme yöntemleri 28
3.2.1.1 Mikrodalga vakum evaporatör sistem 29
3.2.1.2 Döner evaporatör sistemi 29
3.2.2 Analizler 30
3.2.2.1 pH ölçümü 30

3.2.2.2 Titrasyon asitliği 30
3.2.2.3 Briks 31
3.2.2.4 Renk tayini 31
3.2.2.5 Hidroksimetil furfural tayini 31
3.2.2.6 Toplam monomerik antosiyanin analizi 32
3.2.2.7 Toplam fenolik madde tayini 32
3.2.2.8 DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite tayini 33
3.2.2.9 HPLC yöntemi ile fenolik bileşen belirlenmesi 33
3.2.2.10 İstatistiksel Yöntem 34
BÖLÜM IV BULGULAR VE TARTIŞMA 35
4.1 Mikrodalga vakum evaporatörün çalışma koşullarının belirlenmesi 35
4.2 VAE ve mikrodalga vakum evaporasyon yöntemlerinin vişne suyu konsantresinde bazı kalite kriterleri üzerine etkileri 35
4.2.1 Briks, pH ve titrasyon asitliği değerlerinin değişimi üzerine etkisi 36
4.2.2 Renk özellikleri üzerine etkisi 38
4.2.3 Hidroksimetil furfural oluşumu üzerine etkileri 41
4.2.4 Toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriği üzerine etkisi 43
4.2.5 Toplam fenolik madde (TFM) üzerine etkileri 46
4.2.6 DPPH Yöntemiyle Antioksidan aktivite üzerine etkisi 50
4.2.7 HPLC ile fenolik bileşen üzerine etkisi 52
BÖLÜM V SONUÇLAR 54
KAYNAKLAR 57
ÖZ GEÇMİŞ 70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. 2011 Yılı Meyve Suyu Sanayisinde İşlenen Meyve Oranları 5
Şekil 2.2. 2011 Yılı Meyve Suyu Konsantre Oranları 6
Şekil 2.3. 2016 yılı Vişne üretim oranları 7
Şekil 2.4. Elektromanyetik Spektrum 14
Şekil 2.5. Mikrodalga alan etkisiyle dipol bileşiğin hareketi 15
Şekil 2.6. Mikrodalga ısıtma ünitesini oluşturan sistem parçaları ((1.Isıtma ünitesi, 2.Kapak, 3.Mikrodalga güç kaynağı (magnetron), 4.Dalga yönlendiricisi, 5.Mod karıştırıcısı (dalga yayıcı), 6.Güç kaynağı)……..15
Şekil 2.7. Mikrodalga üreten magnetronun kısımları 16
Şekil 3.1. Konsantre vişne suyu üretiminde uygulanan ana işlem basamakları 27
Şekil 3.2. Vişne suyu konsantresi üretim akış şemaları 28
Şekil 3.3. Mikrodalga vakum evaporatör 29
Şekil 3.4. Döner evaporatör sistemi 30
Şekil 4.1. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanan %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin HMF değerindeki değişim 41
Şekil 4.2. Vakumlu mikrodalga evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TMA içeriğindeki değişim 43
Şekil 4.3. Gallik asit standart kurvesi 46
Şekil 4.4. Klorojenik asit standart kurvesi 47
Şekil 4.5. Vakumlu mikrodalga evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TFM (mg GAE/L) içeriğindeki değişim 47
Şekil 4.6. Vakumlu mikrodalga evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TFM (mg CAE/L) içeriğindeki değişim 48
Şekil 4.7. Vakumlu mikrodalga evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri ile elde edilen vişne suyu konsantrelerinin AA değerleri 51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye'de meyve suyuna işlenen başlıca meyvelerin üretimi (bin ton)..... 4
Çizelge 3.1. Gradient program……..……34
Çizelge 4.1. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine konsantre edilen vişne sularının Briks, pH ve titrasyon asitliği değerleri 37
Çizelge 4.2. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin ve ham maddenin renk özellikleri 38
Çizelge 4.3. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin ve ham maddenin HPLC ile fenolik bileşik profili..... 53

SİMGE VE KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
AA	Antioksidan Aktivite
HMF	Hidroksimetil Furfural
MVE	Mikrodalga Vakum Evaporasyon
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
TMA	Toplam Monomerik Antosiyanin
TFM	Toplam Fenolik Madde
VAE	Vakum Altında Evaporasyon

BÖLÜM I

GİRİŞ

Fenolik bileşikler, antosiyaninler ve C vitamini gibi birçok biyoaktif bileşenin önemli kaynakları meyve sularıdır. Sağlıklı beslenmeye olan yönelim meyve suyu tüketimini de gün geçtikçe arttırmaktadır. Önemli bir antioksidan kaynağı ve sert çekirdekli bir meyve olan vişne lezzeti, aroması ve ekşi tadı nedeniyle nektar işlemeye uygun bir meyvedir. Vişne, ülkemizde meyve suyuna işlenen ve elma suyu konsantresinden sonra meyve suyu konsantresi yapılan ikinci önemli meyvedir.

Meyve suyu üretiminde hasat edilen ham maddenin hızlı bir şekilde işlenerek depolanması gerekmektedir. Konsantre etme işlemi genellikle meyve suyu üretiminden sonra gerçekleşir. Konsantreye işleme yöntemi ile ürün mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan stabil kalmakla birlikte yıl boyu meyve suyu üretimi gerçekleştirilebilmekte ve ürün hacmi azalacağından depolama-taşıma giderleri de önemli ölçüde düşmektedir.

Meyve sularının konsantrasyonu günümüzde çeşitli yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Bunlardan ilk konsantre etme işlemi geçmişten beri kullanılmakta olan atmosferik basınç altında evaporasyon işlemidir. Bunun yanında günümüzde kullanılmakta olan konsantre üretim tekniklerinin meyve sularında meydana getirdiği olumsuzlukları gidermek için yeni konsantrasyon yöntemleri de son yıllarda önem kazanmıştır. Dondurarak konsantrasyon, membran konsantrasyon (ultrafiltrasyon ve ters ozmoz) ve mikrodalga vakum evaporasyon (MVE) yeni konsantre etme yöntemleri arasındadır. İstenilen Briks değerlerine ulaşılamaması ve sistemlerin yüksek maliyete sahip olması membran ve dondurarak konsantrasyon yöntemlerinin en önemli dezavantajlarını oluşturmaktadır. Bundan dolayı sanayide yaygın olarak kullanılan yöntem vakum altında evaporasyon işlemidir. Vakum altında evaporasyon işlemi ile elde edilen ürün kalitesi atmosfer basıncı altında evaporasyon ile yapılan konsantrasyon işleminden iyi de olsa üründe kalite ve aroma kayıplarına sebep olmaktadır. Bu olumsuzlukların giderilmesi maksadıyla sanayide konsantre meyve suyu üretiminde geleneksel yöntemlere alternatif olarak yeni teknolojiler geliştirilmekte ve böylece ürünün kalite özelliklerinin daha iyi korunması hedeflenmektedir. Günümüzde mikrodalga vakum evaporasyon yöntemi yeni konsantrasyon tekniklerindendir. Bu

yöntemde mikrodalga ısıtma ve vakum sistemi kombine halde kullanılmakta ve böylece kısa sürede hızlı bir kütle ve enerji aktarımı sağlanarak ürün kalitesi (renk, besin değeri, fenolik bileşik, antioksidan aktivite ve lezzet) iyileştirilirken enerji daha verimli kullanılmaktadır.

Bu kapsamda yapılan birçok çalışmada mikrodalga vakum konsantrasyon işlemi ahududu suyu, ananas suyu, karadut suyu ve nar suyu konsantrasyonlarında başarı ile uygulanmış ve elde edilen ürünün geleneksel yönteme kıyasla renk, toplam fenolik madde, antosiyanin ve antioksidan aktivitelerinin daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık literatürde vişne suyu konsantrasyonunda mikrodalga vakum yönteminin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Vişne suyu konsantresi üretiminde farklı tekniklerin kalite özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmalar bulunmasına karşın, bu çalışma mikrodalga vakum yönteminin vişne suyu konsantrasyonunda kullanıldığı ilk çalışmalardan biridir. Bu çalışmada mikrodalga vakum yöntemi kullanılarak vişne suyu konsantresinin temel kalite özelliklerinden olan titrasyon asitliği, pH, Briks, HMF ve renk üzerine etkisi ile fenolik bileşikler, antosiyaninler ve antioksidan aktivite üzerine etkisi belirlenmiştir. Ayrıca mikrodalga vakum konsantrasyon yöntemi ile elde edilen konsantrenin kalite özellikleri vakum altında evaporasyon işlemi ile elde edilen ürünün kalite özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Bununla beraber mikrodalga vakum işleminin evaporasyon süresi üzerine etkisi de belirlenerek döner evaporasyon işlem süresi ile karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM II

KAYNAK ARAŞTIRMASI

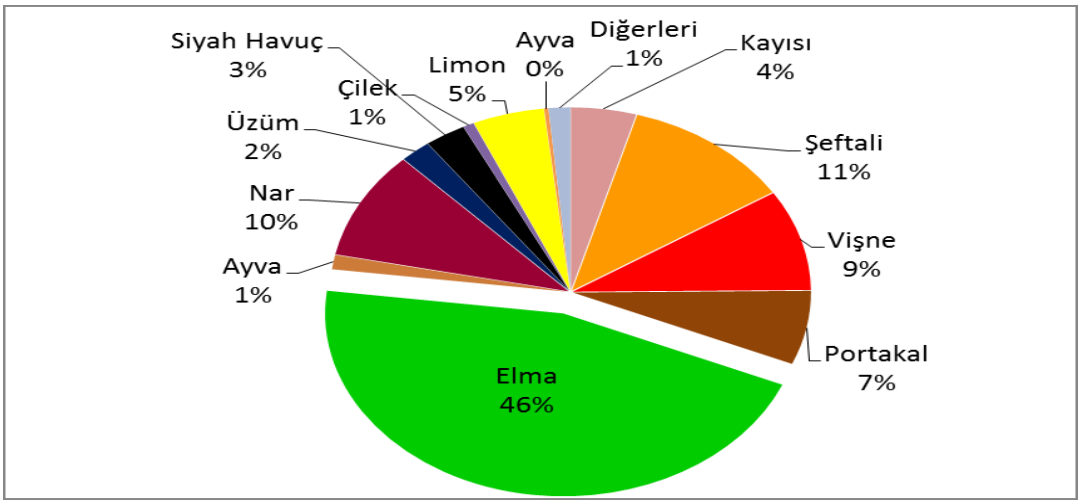
2.1 Meyve ve Meyve Suyu

Teknoloji, çevre, ekonomik sebepler, sosyokültürel unsunlar ve kişisel tercihler tüketici grubun gıda tüketimini etkileyen temel faktörlerdir. Gıda tüketimi, hayatın sürdürülmesi ve sağlığın korunması amacını kapsayan temel aktivitelerden biridir. Meyve üretimi bakımından zengin bir potansiyele sahip olan ülkemizde, bu potansiyelin bir kısmı da meyve suyu üretimi olarak değerlendirilmektedir (Mert, 2012). Türk Gıda Kodeksi (2014), meyve suyunu; "sağlam, olgun, taze veya soğukta ya da dondurularak muhafaza edilmiş, tek meyvenin veya daha fazla meyve karışımının yenilebilir kısımlarından elde edilen, elde edildiği meyve ve meyvelerin karakteristik renk, aroma ve tadına sahip, fermente olmamış fakat fermente olabilen ürün" olarak tanımlamaktadır (Cemeroğlu, 2009). Türkiye'de meyve suyunun ticari olarak ilk 1960 yılında başlayarak, 1970 yılında yatırımlar sonucunda yaygınlaşmıştır. Fakat bu sektör 1980 yılında çıkan ekonomik sıkıntılardan dolayı durgunlaşmış, 90'lı yıllarda tekrar toparlanmaya başlamış ve 2000'li yıllarda büyümeye devam etmiştir. Elma, kayısı, şeftali, vişne, portakal, üzüm ve nar meyve suyuna işlenen başlıca meyvelerdir (Bozkır ve Baysal, 2017). Ülkemizde meyve suyuna işlenen başlıca meyvelerin üretimi Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Türkiye'de meyve suyuna işlenen başlıca meyvelerin üretimi (bin ton) (URL 1, 2011a)

MEYVE	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Elma	2.570	2.002	2.458	2.505	2.782	2.600
Kayısı	894	483	590	751	695	476
Şeftali	510	553	539	552	547	539
Vişne	140	122	180	185	192	195
Portakal	1.445	1.536	1.441	1.427	1.690	1.710
Üzüm	3.850	4.000	3.613	3.918	4.265	4.255
Nar	80	91	107	128	171	208
Limon	600	710	651	672	784	787
Çilek	200	211	251	261	292	300
Ayva	100	106	95	95	96	121
Domates	10.050	9.855	9.937	10.985	10.746	10.052
Armut	360	318	356	356	384	380
Sarı Havuç	370	371	544	549	566	487
Siyah Havuç	18	24	98	42	28	46
Greyfurt	150	180	163	168	190	214
Mandalina	715	791	744	756	846	859
TOPLAM	**22.052**	**21.353**	**21.767**	**23.350**	**24.274**	**23.229**

Ülkemiz meyve suyu sanayisinde işlenen meyvelerde en büyük payı yaklaşık %46 ile elma almaktadır. İkinci sırada yer alan şeftaliyi, son dönemde hızlı bir artış göstererek payını %10'a çıkaran nar izlemektedir (Şekil 2.1) (URL 2, 2011b).



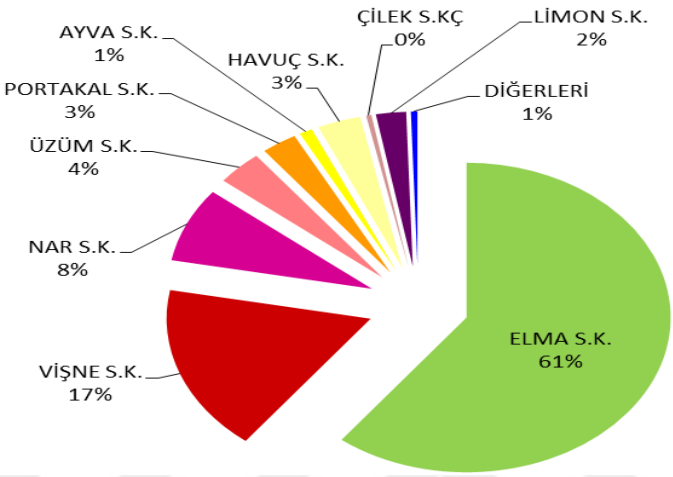
Şekil 2.1. 2011 yılı meyve suyu sanayisinde işlenen meyve oranları (URL 2, 2011b)

Bunların ardından ise sırasıyla vişne, portakal ve kayısı gelmektedir. Meyve suyu sanayisinin işlediği diğer ana meyvelerin son beş yıllık rakamlarına göre işlenen şeftali miktarı bu dönemde %45 artmış; bunu %42 ile portakal, %41 ile vişne ve %33 ile elma izlemektedir (URL 2, 2011b).

Meyve suyu üretiminde, meyvenin yapısıyla birlikte proses kademelerinde uygulanan işlemler doğrudan meyve suyunun kalite parametresini etkilemektedir (Mert, 2012). İnsan sağlığı için yararlı olan meyve suları fenolik maddeler, mineraller, vitaminler ve antioksidan bileşikler bakımından zengin içeceklerdir. Meyvelerin, meyve suyu ve nektar olarak işlenmesinin ardından piyasaya sunulması teknik açıdan ve ekonomik olarak zordur. Nedeni ise büyük kapasiteli ekipmanlara ihtiyaç duyulduğundan dolayı bu da ekonomik maliyeti arttırmaktadır. Meyve suları ve pulplarının ekonomik bir yöntemle elde edildikten sonra büyük kitleler halinde depolanarak piyasanın ihtiyacı doğrultusunda işlenip piyasaya sürülmesi tercih edilmektedir. Günümüzde en yaygın muhafaza tekniği konsantreye işleme yöntemidir. Meyve sularında bulunan suyun buharlaştırılarak belirli oranlarda uzaklaştırılmasıyla elde edilen ürüne konsantre denilir. Genellikle bu amaçla çok kademeli termal evaporatörler kullanılarak meyve suyundaki kuru madde oranı %5-20'den %60-75'e yükseltilmektedir. Konsantrasyon işlemi meyve sularında taşıma, depolama ve ambalaj maliyetlerini düşürmekte olup meyve sularını da kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan stabil hale getirmektedir. Konsantre etme işlemi, meyve suyunun son ürün kalitesini; aroma, renk, flavor, görünüş ve lezzeti etkilediğinden dolayı meyve suyu işleme prosesinin en önemli kademesini oluşturmaktadır. Geleneksel yöntemle elde

edilen konsantre meyve sularında pişmiş tat, furan veya hidroksimetil furfural (HMF) gibi kansere neden olan bileşikler oluşmaktadır (Bozkır ve Baysal, 2017).

Türkiye'de üretilen meyve suyu konsantresi çeşitlerinde ilk sırayı büyük bir farkla elma almakta olup, bunu sırasıyla vişne, nar, üzüm ve portakal izlemektedir (Şekil 2.2) (URL 2, 2011b).



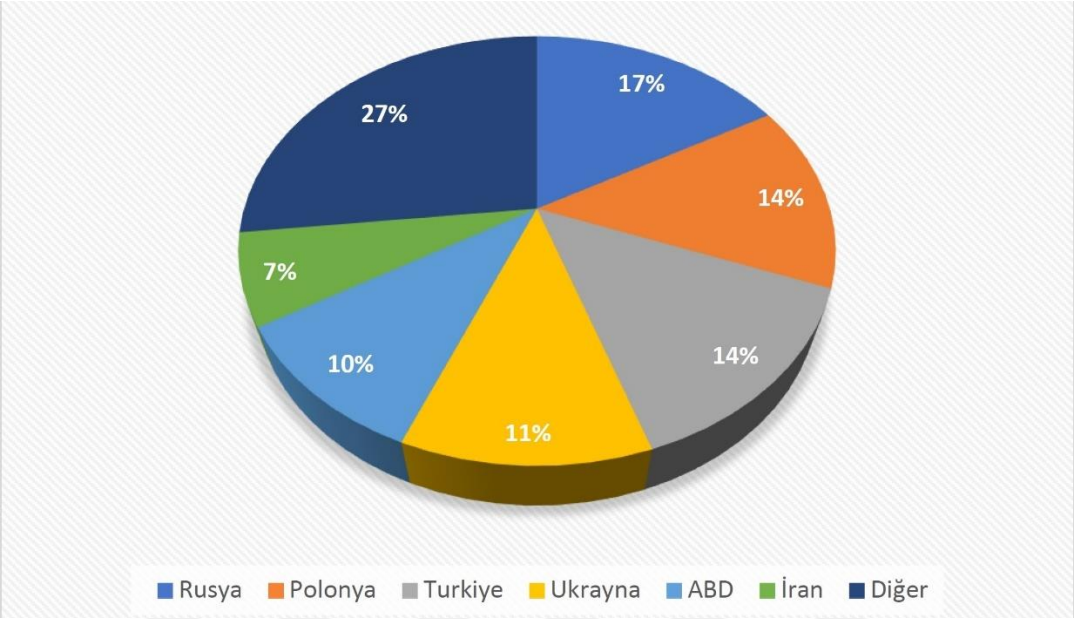
Şekil 2.2 2011 yılı meyve suyu konsantre oranları (URL 2, 2011b)

2.2 Vişne

Gülgiller (Rosaceae) familyasından olan vişne, kiraza benzeyen ve tadı kirazın tadına kıyaslanacak olursa ekşi bir meyve türüdür (Kaftanoğlu, 2013; URL 3, 2016). Vişnenin botanikteki latince ismi olan *Prunus cerasus* şimdiki Giresun'un eski adı olan Kerasus'tan gelmektedir (Önal, 2002). Vişnenin anayurdu Anadolu ve Balkanlar olup, 5-7 m kadar uzayabilir; 4 yaşındayken meyve vermeye başlayıp, 40-50 yıl yaşayabilmektedir. Temmuz ayı itibariyle bol ürün verir (Kaftanoğlu, 2013; URL 3, 2016).

Vişnenin odunsu kısımları -40 °C' ye kadar dayanabilmektedir. İlkbaharda çiçeklenme kirazlardan daha sonra olduğu için vişne çiçeklerinin ilkbahar geç donlarından zarar görme ihtimali daha düşük olmaktadır. Vişne yetiştiriciliğinde, yağışın yıl içinde düzenli bir şekilde yayılması en uygun olanıdır. 400 mm yağış alan yerlerde vişne yetiştiriciliği için sulamaya gerek olmadan yapılabilmektedir. Vişneler toprak açısından toleranslıdır ve kumlu, kuru veya kireçli topraklarda da yetiştirilebilmektedir (URL 3, 2016). Rusya, Polonya, Ukrayna ve ABD gibi birçok ülkede vişne yetiştirilmektedir. 2016 yılı üretim

rakamları incelendiğinde Türkiye 192.500 m^3/ton üretim hacmi ile 3. sırada yer almakta ve dünya üzerinde üretilen vişnelerin %14'ünü üretmektedir (Şekil 2.3). Kiraz ve vişne beraber değerlendirildiğinde, ülkemiz dünyanın en büyük üreticisi konumundadır. Başlıca ihracat pazarlarını, AB ve Rusya oluşturmaktadır (USDA, 2016).



Şekil 2.3 2016 yılı vişne üretim oranları (FAO, 2016)

Gıda sanayisinde meyve suları ve meyve suyu içecekleri üretimi alanında yaygın olarak vişne kullanılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu tarafından açıklanan istatistiklere göre Türkiye'de vişne üretimi 2010 yılında yaklaşık 200.000 tondur (Türkiye İstatistik Kurumu, 2012). Türkiye'de ekimi oldukça yüksek olduğundan, farklı türdeki vişneler çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Khoo vd., 2011; Kim ve Padilla-Zakour, 2004; Usenik vd., 2008). Vişnenin yüksek miktarda toplam fenolik, antosiyanin içeriği ve antioksidan kapasiteye sahip olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (Mulabagal vd., 2009; Pantelidis vd., 2007; Seeram vd., 2001).

Vişne, sert çekirdekli bir meyve olup ekşi tadı nedeniyle nektar işlemeye çok uygun bir meyve türüdür. Aroması ve lezzeti nedeniyle çok sevilen, önemli bir antioksidan kaynağı olan vişne suyu ülkemizde en çok tüketilen meyve sularından biridir (URL 3, 2016; Damar ve Ekşi, 2012). 2017 yılında Türkiye 181.874 ton vişne üretimi ile Dünya vişne stoğunun %15'ini üretmektedir (URL 4, 2017).

Meyve suyu endüstrisinde, meyve suları veya nektarları üretim sonrasında konsantre edilerek depolanmakta böylece ürün mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan stabil bir hal almaktadır. Böylece yıl boyu meyve suyu üretimi sağlanabilmekte olup ürün hacmi azalacağından depolama-taşıma giderleri de düşmektedir. Konsantre meyve suyu üretiminde evaporasyon, dondurarak konsantrasyon, ters ozmoz vb. konsantrasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan yöntem evaporasyon yöntemidir. Evaporasyon işlemi atmosferik basınç altında yapıldığında, ürünün kalite özelliklerinde (renk vb.) istenmeyen değişimlere, biyoaktif bileşenlerinde kayıplara yol açıp HMF vb. istenmeyen bileşiklerin oluşumuna sebep olmaktadır. Bundan dolayı, evaporasyon genel olarak vakum altında yapılmaktadır. Ancak meyve sularında artan konsantrasyon ile beraber viskozite artmakta ve kaynama noktası yükselmektedir. Bu durumda meyve suyundaki suyun uzaklaştırılması için gereken enerji ihtiyacı artmaktadır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001). Ek enerji gereksinimine sahip olan vakum altında evaporasyon işlemi bu gibi dezavantajlara sahiptir. Alternatif olarak dondurarak konsantrasyon, membran konsantrasyon, ters ozmoz vb. konsantrasyon teknikleri, yüksek kurulum ve işletme maliyetine sahip olmaları, sınırlı konsantrasyon sağlamaları ve uzun işlem süreleri gibi dezavantajlar sebebiyle sanayide sınırlı düzeyde kullanılmaktadır (Vatai, 2010). Bu sebeple son yıllarda, yeni konsantrasyon teknikleri önem kazanmıştır. Bunlardan biri de mikrodalga vakum evaporasyon tekniğidir. Vakum sisteminin ve mikrodalga ısıtmanın kombinasyonu olan bu sistemin kullanımı ile kısa sürede hızlı bir kütle ve enerji aktarımı sağlanmakta olup, bu sayede ürün kalitesi (renk, flavor ve besin değeri) iyileştirilirken enerji daha verimli kullanılmaktadır (Yousefi vd., 2012).

2.3 Meyve Sularının Konsantrasyonu

Endüstride meyve suyu konsantrasyon işleminin kullanımının temel amacı taşıma kolaylığı, ambalaj ve depolama maliyetlerini düşürmenin yanında hasatlar arasında minimum kalite kaybına ve mikrobiyal bozulmaya karşı direnç oluşturmaktır (Alves ve Coelhoso, 2006; Gunko vd., 2006).

Meyve sularının konsantrasyonu günümüzde çeşitli teknikler kullanılarak yapılmaktadır. Kullanılan ilk konsantrasyon tekniği atmosferik basınç altında evaporasyon yöntemidir. Diğer bir yöntem ise, endüstride yaygın olarak kullanılan tekniklerden biri olan vakum altında evaporasyon işlemidir. Vakum altında evaporasyon işlemi ile elde edilen ürünün

kalitesi atmosfer basıncı altında evaporasyon ile yapılan konsantrasyon işleminden iyi olsa da, üründe kalite ve aroma kayıplarına sebep olabilmektedir, enerji verimliliği düşüktür ve işlem süresi uzundur. Bu olumsuzlukları gidermek maksadıyla membran konsantrasyon ve dondurarak konsantrasyon yöntemlerinin uygulanmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Baysal ve İçier, 2015). Fakat bu tekniklerin istenilen SÇKM (Suda Çözünür Kuru Madde) içeriğine ulaşamaması ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması gibi dezavantajlar sebebiyle günümüzde de alternatif ısıtma yöntemleri ile vakum altında evaporasyon işlemi yapılmaktadır. Son dönemlerde ise yeni ısıtma tekniği olan mikrodalganın vakumlu sistemlerle kombinasyonu dikkat çekmektedir (Bozkır ve Baysal, 2017; Cokgezme vd., 2017; İcier vd., 2017). Adı geçen konsantrasyon yöntemlerinden bazıları detaylı olarak aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

2.3.1 Atmosferik basınç altında evaporasyon yöntemi

Günümüzde endüstriyel olarak atmosferik basınç altında evaporasyon işlemi çok kullanılmasa da özellikle geleneksel üretim yapılan küçük ölçekli işletmelerde ve kırsal kesimlerde kullanılmaktadır. Atmosferik basınç altında evaporasyon tekniğinde temel prensip kaynama sonrasında suyun uzaklaşması esasına dayanmaktadır. Gıda maddeleri için atmosferik basınç altında kaynama 100 °C ve üzerinde meydana gelmektedir. Bu sebeple, meyve suyunun yüksek sıcaklığa maruz kalması sonucunda kalite (fenolik madde, toplam antosiyanin, antioksidan kapasite, renk vb.) ve aroma kayıpları yüksek miktarda olup, HMF (hidroksimetil furfural), furfural gibi istenmeyen bileşenler de meydana gelebilmektedir. Bundan dolayı gıda sektöründe kullanımı, tüketicinin daha kaliteli ve sağlıklı ürünler tercih etmesiyle birlikte giderek azalmaktadır. Fakat geleneksel ürünlerin (nar ekşisi, pekmez, koruk suyu vb.) üretimi maksadıyla özellikle kırsal kesimlerde hala kullanılmaktadır (Castro vd., 2003; Onsekizoglu vd., 2010).

Maskan (2006), atmosfere açık evaporasyon (40 °C), vakum altında döner evaporatör ve mikrodalgada (atmosfere açık bir şekilde) nar suyunu 60,5 Briks değerine kadar konsantre edip, renk değişimi üzerine 3 farklı yöntemi karşılaştırmıştır. Bu çalışmaya göre L*, a* ve b* değerlerinde en fazla azalmanın vakum döner evaporatörde olduğu saptanmıştır. Yapılan tüm çalışmalarda süre arttıkça toplam renk değişiminin ise arttığı rapor edilmiştir. Bunun temel sebebi olarak da 40 °C'de gerçekleştirilen evaporasyon işlemi

sonucunda oksidaz enzimlerinin inaktivasyonunun sağlanamaması olarak ifade edilmektedir.

Orak (2009), nar konsantresi üzerine yapılan çalışmada geleneksel ısıtma ile %61 SÇKM içeriğine kadar yapılan konsantrasyon işlemi sonucunda indirgen şeker miktarı, glikoz ve fruktoz miktarının ham maddeye oranla arttığı rapor edilmiştir. Fakat, mineral maddelerden demir, çinko, kurşun, sodyum ve bakır miktarlarının konsantre üründe %44-69 oranında azaldığı, ham madde de HMF bulunmazken konsantre üründe ise istenen sınırın çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Antioksidan aktivitenin ise konsantre üründe daha yüksek çıktığı rapor edilmiştir. Sonuç olarak geleneksel konsantrasyon yöntemlerindeki istenmeyen bileşen kayıpları ve kalite kayıplarının azaltılmasına yönelik konsantrasyon tekniklerinin geliştirilmesi tavsiye edilmektedir.

Atmosferik basınç altında evaporasyon tekniği ucuz olmasına rağmen düşük kaliteli ürün elde edilmesi ve uzun süreli olması sebebiyle kullanılmamaktadır. Son yıllarda kullanımı artmakta olan vakum evaporasyon sistemi ile iyi kalitede ürün elde edilebilmekte fakat yatırım maliyeti artış göstermektedir. Diğer yandan dondurarak konsantrasyon, ters ozmoz ve membran konsantrasyon gibi yeni yöntemlerle yüksek kalitede ürün elde edilmektedir. Fakat bu tekniklerin yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması, son üründe yüksek Briks değerlerine çıkılamaması ve üretim hızının düşük olması bu sistemlerin kullanılmasını engellemektedir (Bates vd., 2001, Jiao vd., 2004).

2.3.2 Vakum altında evaporasyon yöntemi

Meyve sularının evaporasyon ile konsantre edilmesinde, meyve suyunun düşük sıcaklıklarda ve düşük basınçlarda kaynaması sağlanarak suyun uzaklaştırılması amaçlanmakta olup meyve sularının daha düşük sıcaklıklara maruz kalmasıyla besin içeriğinde kayıp ve istenmeyen bileşiklerin oluşumu atmosfere açık evaporasyona göre daha az olmaktadır. Isıl işlem uygulaması her ne kadar düşük sıcaklıklarda olsa da istenmeyen bileşikler oluşması, kalite (toplam antioksidan, renk, toplam monomerik antosiyanin vb.) ve aroma kayıplarının oluştuğu pek çok araştırmada belirtilmiştir. Meyve sularının depektinizasyon işlemine tabi tutulmasıyla termal evaporasyon işlemi uygulanabilmektedir. Aksi halde pektin içeren meyve sularının viskozitesi hızla artacak

ve kazan etrafında oluşacak yapışmalardan dolayı ısı transferini engellenecektir (Cemeroğlu, 2009; Jiao vd., 2004).

11 farklı vişne suyu örneğine döner evaporatörde 45 °C'de %65 SÇKM içeriğine kadar konsantrasyon işlemi uygulanmıştır. Konsantrasyon işlemi sırasında presleme, durultma, filtrasyon ve evaporasyon basamaklarında monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite ve toplam fenolik maddede meydana gelen değişimler incelenmiştir. Özellikle Ankara'nın Çubuk bölgesinden elde edilen vişne suyunun monomerik antosiyanin değerinin evapore edilmesiyle preslenen örneğe göre bu değerde azalma meydana geldiği ($p<0.05$), fakat diğer yörelerden elde edilen vişne suyunun antioksidan kapasite, toplam antioksidan ve fenolik madde üzerinde ise evaporasyon ve presleme işlemi arasında fark olmadığı rapor da belirtilmiştir ($p>0.05$) (Damar, 2010).

Erceyes (2014), 3 farklı bölgeye ait vişne suyu örneklerini 3 aşamalı düşen film evaporatör kullanarak %62-66 SÇKM içeriğine kadar konsantre etme işlemine tabi tutmuşlardır. Toplam antosiyanin, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde gibi kalite değerlerinde kayıplar olduğu raporda belirtilmiştir.

2.3.3 Dondurarak konsantrasyon yöntemi

Dondurarak konsantrasyon işleminde ürün, ötektik noktaya kadar soğutulur ve saf su, buz olarak faz değiştirmektedir. Konsantre meyve suyu eldesi için buz kristalleri uygun bir separatör yardımıyla uzaklaştırılmaktadır. Dondurarak konsantrasyon enerji yönünden çok ekonomik bir yöntemdir. Bu düzenekte 1 kg suyun dondurulması için yaklaşık olarak 334 kJ enerjiyi vermesi gerekirken, 1 kg suyun evaporasyonu için 2257 kJ enerji gerekmektedir. Ürünün istenilen Briks değerine ulaşmamasından dolayı mikrobiyolojik açıdan stabil olamamakta ve donmuş halde muhafaza edilmektedir. Ayrıca dondurarak konsantrasyon işleminin ilk yatırım maliyetinin oldukça yüksek olduğu raporda belirtilmiştir (Hernández vd., 2009; Petzold vd., 2015).

Sánchez vd., (2010), portakal suyunun dondurarak konsantrasyonu üzerine yaptıkları çalışmada pilot ölçekli sistemle konsantrasyon işleminin gerçekleştirilebileceğini, geleneksel üründen daha kaliteli ürün elde edilebildiğini ancak 30 Briks değerinin üstünde konsantrasyon işleminin gerçekleştirilemediğini raporda belirtmiştir. Ayrıca

enerji tüketiminin konsantrasyonun artmasıyla birlikte arttığı ve üretim hızının yavaş olduğu rapor edilmiştir.

Gunko vd., (2006), direkt kontak membran distilasyonu ile elma suyu konsantrasyonunu incelemiş olup, geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında yüksek kalitede ürün elde edilebildiğini raporda belirtmiştir. Üzüm suyunun ters ozmoz (Gurak vd., 2010) ve ozmotik membran konsantrasyonu (Kujawski vd., 2013) incelendiğinde yüksek kalitede ürün elde edilebildiği halde yüksek konsantrasyonlara ulaşmak için uzun sürelere ihtiyaç duyulması ve yatırım maliyeti ile işlem sırasında oluşan sıyırma çözeltisinin geri kullanımının sorun oluşturduğu belirtilmiştir. Bu sebeple termal olmayan yöntemlerin sadece ön konsantrasyon işlemlerinde kullanılması önerilmektedir (Kujawski vd., 2009; Kujawski vd., 2013).

2.3.4 Membran sistemleri ile konsantrasyon yöntemi

Membran sistemleri ile meyve suyundan suyun uzaklaştırılması 25°C civarındaki sıcaklıklarda bile gerçekleşebildiğinden, faz değişimine dayalı olan evaporasyon işlemine göre enerji tüketimi açısından daha ekonomik olmaktadır (Cemeroğlu, 2009). Ayrıca işlenen ürün minimum düzeyde ısıya maruz kaldığından dolayı ısıya duyarlı ürünlerin konsantrasyonu için uygun bir yöntemdir. Uçucu aroma bileşenleri ters ozmoz ile üründe çok iyi tutulabilmektedir. Fakat bu yöntemin en önemli dezavantajları istenilen Briks değerlerine ulaşılamaması ve ilk kurulum maliyetinin yüksek olmasından dolayı endüstriyel kullanımı kısıtlıdır (Bates vd., 2001; Jiao vd., 2004; Warczok vd., 2007; Kujawski vd., 2013).

Onsekizoglu (2013), nar suyu çalışmasında 2 farklı membran konsantrasyon yöntemi ve 70 °C'de döner evaporatör ile konsantrasyon işlemlerini karşılaştırmıştır. İki farklı membran konsantrasyon tekniğinde de narda bulunan pH, renk değişimi, titrasyon asitliği, toplam antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin gibi kalite kriterlerinin orijinale yakın olduğu belirlenirken, ısıl evaporasyon işleminde ise bu bileşenlerin kaybolmasının yanında HMF oluşumu rapor da belirtilmiştir.

Dinçer vd., (2016), siyah dut suyunun ozmotik konsantrasyon ve ısıl evaporasyonla 65°C'ye tabi tutarak bazı kalite özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, ozmotik konsantrasyon işlemi ile siyah dut suyunun, özellikle antosiyanin içeriği ve uçucu bileşenlerinin vakum altında evaporasyon tekniğine kıyasla daha iyi korunduğu rapor da belirtilmiştir. Araştırmacılar, ısıya duyarlı bileşenlerini korumak ve yüksek kalitede ürün üretebilmek amacıyla siyah dut suyu konsantresi için ozmotik konsantrasyon işlemini tavsiye etmişlerdir.

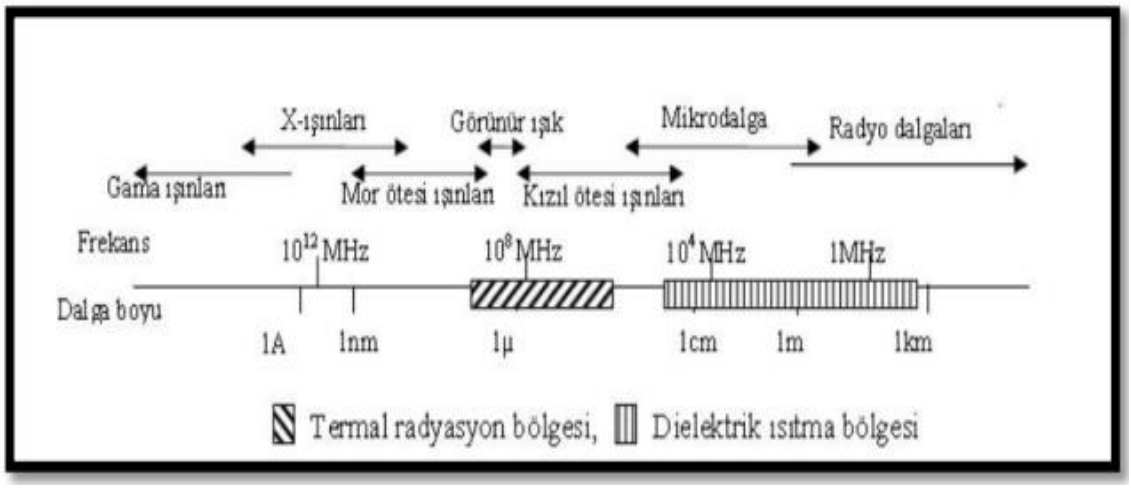
2.4 Mikrodalga

Elektromanyetik spektrumda dalga boyunun 1 metreden kısa olduğu frekanslar "mikrodalga" olarak tanımlanmaktadır. 2. Dünya Savaşı sırasında askeri ekipmanların üretim ve dizaynı üzerine yapılan çalışmalar sırasında mikrodalga uygulamaları keşfedilmiştir. Mikrodalga, radar sisteminde kullanılmak üzere Boot ve Rveall tarafından geliştirilmiştir. Isıtma amacıyla kullanılan endüstriyel konveyör bantlı mikrodalga sisteminin 1952 yılında patenti alınmasına rağmen ilk uygulanması 10 yıl sonra gerçekleşmiştir. Mikrodalga fırın sisteminin geliştirilmesi ve üretim maliyetlerinin düşmesi sonucunda 1960'lı yıllarda ticari olarak üretilmiş ve beyaz eşya olarak satışa sunulmuştur (Baysal vd., 2011). Gıda sanayinde mikrodalga ısıtma yöntemi; haşlama, pişirme, pastörizasyon, ön ısıtma, kurutma, enzimlerin inaktive edilmesi ve çözündürme süreçlerinde kullanılmaktadır (Baysal vd., 2011). Gıda proseslerinde mikrodalga ısıtma ilk olarak patates cipslerinin ve makarnanın kurutulmasında, dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde ve tavuk ürünlerinde ön pişirmede kullanılmıştır (Shaheen vd., 2012). Mikrodalga teknolojisi gıda proseslerinin kullanımının yanı sıra kimyasal reaksiyonların hızlandırılmasında, endüstriyel ürünlerin kurutulmasında (ağaç, odun, kağıt), endüstriyel ürünlerin eritilmesinde (cam ve lastik), sinterlemede, plazma üretiminde, mineral proseslerinde, atık arıtma ve geri dönüşüm gibi alanlarda kullanılmaktadır (Gwarek ve Celuch-Marcysiak, 2004).

Dielektrik ısıtma yöntemleri arasında yer alan mikrodalga ısıtma elektriksel bir ısıtma yöntemidir. Mikrodalgalar; ultraviyole ışınları, infrared dalgaları ve radyo dalgaları gibi iyonize olmayan elektromanyetik enerji formudur. Birbirlerini saran ve birlikte ilerleyen elektrik ve magnetik unsurlardan oluşmaktadır. Mikrodalga enerjisi, 300 MHz ile 300

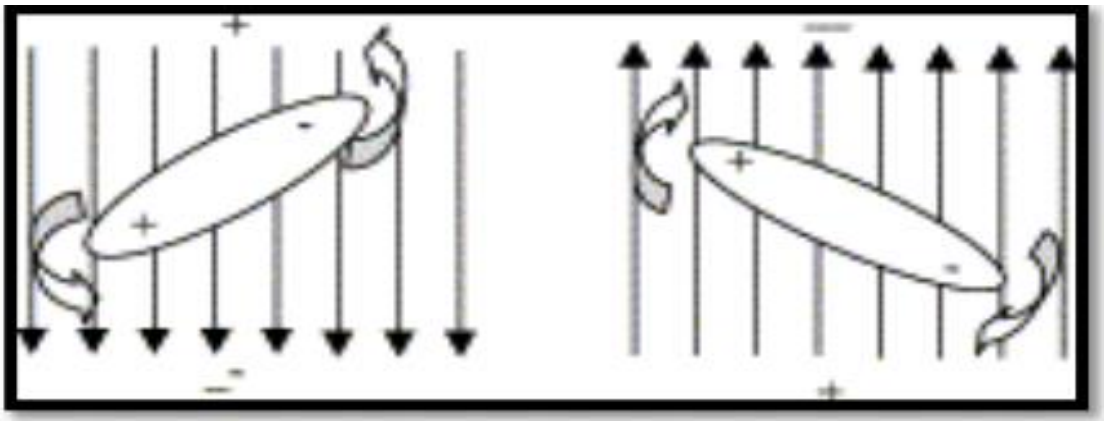
GHz aralığında frekansa sahip iyonize olmamış elektromanyetik ışınımlardır. Bu frekanslardaki dalga boyları sırasıyla 1 m ve 1 mm'dir (Şekil 2.4) (Schiffman, 1986; Banik vd., 2003).

Genelde 915 MHz ve 2450 MHz frekanslarında çalışan mikrodalga fırınlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda proseslerinde ısıtma alanında kullanılan mikrodalganın frekansı 2450 MHz'dir (Lambert, 1980). Mikrodalganın 915 ve 2450 MHz frekanslardaki dalga boyları sırasıyla 0.328 m ve 0.122 m'dir (Stuchly ve Stuchly, 1983).



Şekil 2.4. Elektromanyetik Spektrum (Schubert ve Regier, 2005)

Bir maddenin mikrodalga tekniği ile ısıtılması, o maddenin yüzeyine gelen mikrodalgaları absorbe etmesine ve bünyesine aldığı bu elektromanyetik enerjinin etkisi sonucu polar moleküller arasında meydana gelen titreşim ve sürtünmelerle sıcaklığının artması ilkesine dayanmaktadır (Platts, 1991; Stephen, 1997). Polar moleküller mikrodalga ile karşılaştıklarında ısı oluşturmaktadır. Gıdalarda var olan en önemli polar molekül sudur. Mikrodalga alanının polaritesi saniyede milyon kere tersine döndürüldüğünde su molekülü de aynı yönde hareket etmekte olup manyetik alanın polarite varyasyonuna bağlı olarak tekrar yön değiştirmektedir. Su molekülünün hareketi sonucu kinetik enerji ısıya dönüşmektedir (Baysal vd., 2011). Mikrodalga gıdaya uygulandığında suyun polarizasyonu ile birlikte çözünmüş tuz gibi iyonik bileşikler oluşan alanın polaritesine zıt yönde saniyede milyon kere dönerek kinetik enerjilerinin termal enerjiye dönüşmesine sebep olmaktadır (Şekil 2.5) (Brewer, 2005).



Şekil 2.5. Mikrodalga alan etkisiyle dipol bileşiğin hareketi (Al-Harahsheh ve Kingman, 2004)

Mikrodalga ısıtma ünitesini oluşturan sistem parçaları Şekil 2.6'da gösterilmiştir.

• Isıtma ünitesi,

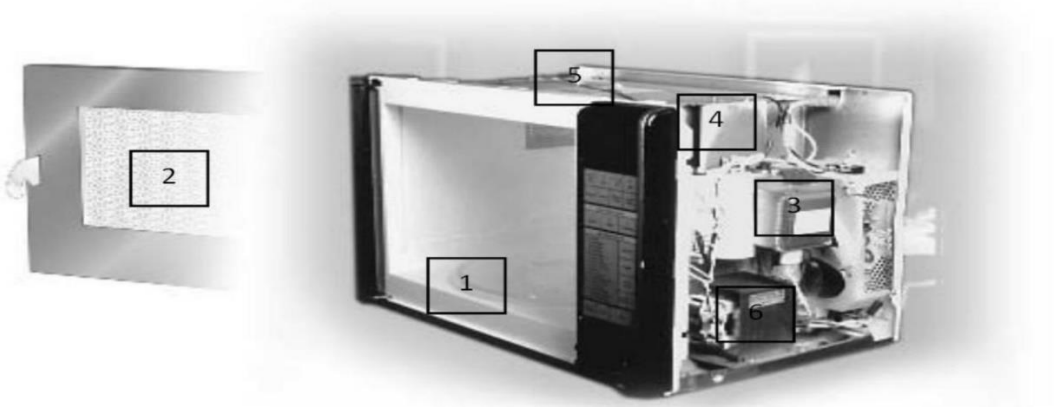
• Kapak,

• Mikrodalga güç kaynağı (magnetron),

• Dalga yönlendiricisi,

• Mod karıştırıcısı (dalga yayıcı),

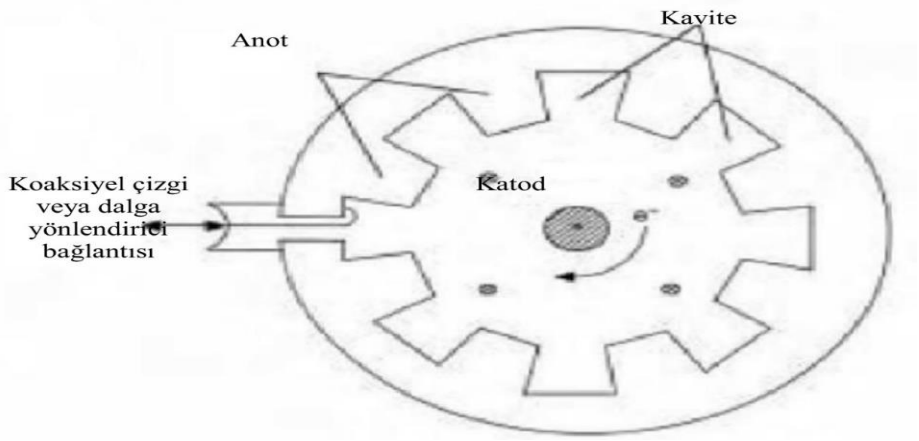
• Güç kaynağıdır (Datta ve Anantheswaran, 2001).



Şekil 2.6. Mikrodalga ısıtma ünitesini oluşturan sistem parçaları (Datta ve Anantheswaran, 2001) (1.Isıtma ünitesi, 2.Kapak, 3.Mikrodalga güç kaynağı (magnetron), 4.Dalga yönlendiricisi, 5.Mod karıştırıcısı (dalga yayıcı), 6.Güç kaynağı)

Mikrodalga ısıtmanın yüksek güç ve frekanslarda çalışan mikrodalga kaynakları vakum tüpleri; magnetron, dalga tüpleri ve klystron'dur. İçinde vakum olan bakır tüplerden oluşan silindirik diota ‘magnetron’ denir. Elektrik alanın saniyede milyon kere salınımını

magnetronlar sağlamaktadır. Magnetronun merkezinde oldukça yüksek negatif potansiyele sahip elektron yayıcı spiral tel döngüsü katot vardır. Ayrıca katodun etrafını saran yapı olarak ‘anot’ bulunmaktadır (Şekil 2.7). Yüksek elektrik doğrudan akım alanında katot serbest elektronları yaymaktadır. Hızlı salınımlı mikrodalgalar üreten elektronlar enerjilerini vermektedir. Elektronlar radyal yönde hız kazanmalarına rağmen ortogonal manyetik direkt akım sebebiyle itilmekte olup spiral harekete maruz kalmaktadır. Uygun elektrik ve manyetik alan şiddetlerinde rezonant girintiler enerjiyi elektronlardan alarak dışarıya doğru elektromagnetler ile dalga yönlendiriciye göndermektedir. Magnetroların güç değerleri anodun sıcaklığına bağlı olmakla beraber, 2450 MHz hava soğutmalı anotlarda 1,5 kW ve su soğutmalı anotlarda ise 25 kW'tir. Dalga yönlendirici tarafından dalga yayıcıya aktarılan mikrodalgalar, dalga yayıcı ile fırının içine dağıtılmaktadır. Mikrodalga fırının duvarlarından yansıyan mikrodalgalar, gıda içindeki iyonik bileşikler ve su molekülleri tarafından absorbe edilerek kinetik enerjilerini termal enerjiye dönüştürmektedir. Mikrodalga ısıtma sistemlerinde transformatörlerden, kapasitörlerden veya diotlardan oluşan güç kaynağı, alternatif akımı (a.c.) direkt akıma dönüştürmek amacıyla kullanılmaktadır (Baysal vd., 2011).



Şekil 2.7. Mikrodalga üreten magnetronun kısımları (Schubert ve Regier, 2005)

Gıdaların mikrodalga ile ısıtılmasında etkili olan pek çok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler aşağıda verilmiştir:

Frekans: Mikrodalganın, gıdaya penetrasyon derinliği, dalganın frekansına ve gıdanın dielektrik kriterlerine bağlı olmaktadır. Gıdadaki dielektrik özellik uygulanan elektromanyetik alanın frekansı ile değişebilmektedir. Mikrodalga frekansının seçimi

ısıtılacak gıdanın boyutu için önemli olmaktadır. Örnek olarak 2450 MHz'deki mikrodalganın saf sudaki penetrasyonu 2,3 cm iken 915 MHz'deki ise 20,0 cm'dir. Gıdaların 2450 MHz frekanstaki mikrodalga penetrasyonu 0,6-1,0 cm arasında değişmektedir (Schubert ve Regier, 2005).

Güç: Endüstride kullanılan çoğu mikrodalga ısıtma sistemleri 5-100 kW güç aralığında çalışmaktadır (Schiffmann, 1986). Mikrodalganın gücündeki artış gıdaların ısıtma süresini önemli ölçüde azaltmaktadır (George ve Burnett, 1991).

Su içeriği: Gıdalardaki su, mikrodalga enerjiyi en çok absorbe etme özelliğine sahiptir. Yüksek su içeriği yüksek dielektrik kayıp faktörünü gerçekleştirerek daha hızlı ısıtmayı sağlamaktadır. Su içeriği fazla olan gıdalar yüksek dielektrik sabiti ve yüksek dielektrik kayıp faktörü kriteri göstermektedir (Tewari ve Jneja, 2007).

Sıcaklık: Gıdanın dielektrik kriteri sıcaklığa bağımlı olarak değişebilmektedir. Sıcaklık artışına bağlı olarak gıdadaki suyun buharlaşması dielektrik sabiti ve dielektrik kayıp faktörünü etkileyebilmektedir. Saf su sıcaklığındaki artış ile daha hızlı ısınmaktadır. Sıcaklık artışı ile birçok gıdada dielektrik sabitini azaltırken, kayıp faktörü frekansa ve gıdanın bileşimine bağlı olarak azalma veya artma eğilimi göstermektedir (Heddleson ve Doores, 1994).

Gıdanın kütlesi: Mikrodalga gücü ile ısıtılacak gıda kütlesi arasında direkt bağlantı bulunmaktadır (Tewari ve Jneja, 2007). Büyük kütleli gıdalar, kütlesi küçük olan gıdalara göre mikrodalgayı daha iyi absorbe etmesine karşın, ısıtılmaları için gerekli olan süre daha uzun olmaktadır (Heddleson ve Doores, 1994).

Yoğunluk: Mikrodalga ısıtmayı materyallerin yoğunluğu etkilemektedir. Yoğunluk ile dilektrik sabiti arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Materyallerin yoğunluğu fazla ise yüksek dielektrik sabiti ile hızlı ısınmaktadır. Gıdanın içerisindeki havanın varlığı yalıtkan özellik göstermesine sebep olmakta bu da dielektrik sabitinin düşmesini sağlamaktadır (George ve Burnett, 1991; Tewari ve Jneja, 2007).

Gıdanın fiziksel geometrisi: Gıdanın şekli ve boyutu mikrodalga ısıtmayı etkileyen önemli unsurlardandır. Ayrıca gıdanın köşeli yapıya sahip olması ve paketleme materyali

ile ısıtılıyorsa materyalin mikrodalga enerjiyi absorblaması gıdadaki mikrodalga dağılımını etkilemektedir. Mikrodalgada homojen sıcaklık dağılımı için küresel bir şekil idealdir. Ayrıca gıdanın yüzey alanının artması ile beraber ısınma hızı da artmaktadır (Baysal vd., 2011).

Özgül ısı: Dielektrik sabiti ve özgül ısısı düşük olan gıdalar örnek olarak yağlar sudan daha hızlı ısınmaktadır. Büyük hacimli gıdaların mikrodalga ile ısıtılmasında özgül ısı etkiliyken, küçük hacimli gıdalarda ise dielektrik sabiti öne çıkmaktadır (Sumnu, 2001).

İletkenlik: İyonik iletkenlik ısı aktarım düzeneğinin en önemli parçasıdır. Tuz miktarının artışına bağlı olarak iletkenliğin yükselmesi ile ısıtma hızlanmaktadır (Tewari ve Jneja, 2007).

Termal iletkenlik: Büyük hacimli olan gıdaların mikrodalga ile ısıtılmasında penetrasyon derinliğinin düşük olması ve buna bağlı olarak homojen ısınmanın olmadığı durumlar ön plandadır.

Dielektrik özellikler: Mikrodalga ısıtmanın penetrasyon derinliği gıdanın dielektrik sabiti ve kayıp faktörü ile ilişkili olmaktadır. Materyallerin elektromanyetik alan ile etkileşimleri elektriksel geçirgenlik ile ifade edilir. Elektriksel geçirgenliğin gerçek kısmına dielektrik sabiti (ε') ve sanal kısmına ise dielektrik kayıp faktörü (ε'') denilmektedir.

$$\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon'' \quad (2.1)$$

Materyalin dielektrik sabiti, materyalin elektromanyetik enerjiyi depolayabilme kapasitesini gösterirken, dielektrik kayıp faktörü ise materyalin elektromanyetik enerjiyi absorblayıp termal enerjiyi dönüştürebilme kapasitesini gösterip $j\sqrt{-1}$ ile ifade edilmektedir (Stuchly ve Stuchly, 1983; Schubert ve Regier, 2005).

Kayıp tanjantı kayıp faktörü olarak isimlendirilmekte, materyalin absorbladığı enerjinin kaybını göstermektedir. Kayıp tanjantı dielektrik sabiti ve kayıp faktörü ile ilişkili olmakla birlikte, kayıp tanjantı yüksek olan gıdalar daha hızlı ısınmaktadır (Schubert ve Regier, 2005).

$\tan\alpha = \varepsilon'' / \varepsilon'$ (2.2)

2.4.1 Vakumlu mikrodalga evaporatör

Mikrodalga ısıtma tekniği gıdada hacimsel ısıtma oluşturmakta, böylelikle ısıtma süresini büyük ölçüde kısaltmaktadır. Mikrodalga ısıtma vakum yöntemiyle beraber düşük sıcaklıkta hızlı kütle ve enerji aktarımı sağlayan, kombine bir sistemde daha hızlı bir konsantrasyon işlemi sunmaktadır. Mikrodalga vakum evaporatör sisteminde uygun güç ve vakumla daha çok su buharının ayrılmasını sağlayan hızlı ısınma işlemi, ürünün kalitesinde iyileşmeyi ve enerjinin daha verimli olarak kullanımı sağlamaktadır (Assawarachan ve Noomhorm, 2008).

2.4.1.1 Vakumlu mikrodalga evaporatör ile ilgili yapılan çalışmalar

Maskan (2006), nar suyunu (17,5 Briks) mikrodalga, açık havada ısıtma ve döner evaporatör ile konsantre etmiştir. Mikrodalga, açık havada ısıtma ve döner evaporatör ile elde edilen konsantre nar suları (60,5 Briks) için gerekli olan süre sırasıyla 23, 190 ve 108 dakika olarak tespit etmiştir. Mikrodalga, döner evaporatör ve açık havada ısıtma ile elde edilen konsantre nar sularında L* değerlerindeki azalmalar sırasıyla %43,4, %55,3 ve %46,8, a* değerlerindeki azalmalar sırasıyla %25,8, %27,2, %19,4 ve b* değerlerindeki azalmalar sırasıyla %17,4, %21,9, %10,5 olarak belirlemiştir. Üç farklı yöntemle konsantre edilen nar sularında renk değerlerinde azalma meydana geldiği, en çok renk değerlerindeki kaybın döner evaporatör ile elde edilen örneklerde olduğunu tespit etmiştir.

Ucan Turkmen vd., (2019), karadut ve nar suları geleneksel yöntem ve mikrodalga tekniğinin farklı basınçları (7.3, 12, 38.5 ve 100 kPa) kullanılarak konsantre edilmiştir. İki konsantrasyon teknikleri için ısıtma işleminden sonra fitokimyasal değişiklikler (toplam antosiyanin içeriği ve antioksidan aktivitesi) araştırılmıştır. Konsantrasyon yöntemlerinin nar antosiyanin profiline etkisi yüksek performanslı sıvı kromatografi–kütle spektrometresi (HPLC–MS) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HPLC–MS ile narda bulunan antosiyaninler siyanidin, delphidin, pelargonidin, 3-glukozit ve 3, 5-diglukozid olarak bulunmuştur. 42 Briks'e konsantre edilen karadut suyu sırasıyla 100, 38.5 ve 7.3 kPa'da 140, 120 ve 95 dk'da, 40 Briks'e konsantre edilen nar suyu döner buharlaştırıcı

kullanılarak sırasıyla 100, 38.5 ve 12 kPa'da 140, 127 ve 109 dk'da evapore edilmiştir. Mikrodalga enerjisinin uygulanması karadut suyu için gerekli süreleri 115, 95 ve 60 dakikaya, nar suyu için 118, 95 ve 75 dakikaya düşürdüğünü tespit etmiştir. Sonuçlar, antosiyaninin bozulmasıyla antioksidan da azalmanın olduğunu göstermiştir. Mikrodalga ısıtma, döner buharlaşma yöntemine göre aktivitesi daha belirgin bulunmuştur.

Assawarachan ve Noomhorm (2008), ananas sularının (12 Briks) döner evaporatör (80 kPa vakum) ve mikrodalga vakum evaporatörün farklı vakum basınç değerlerinde (185 W, 50, 60, 70 ve 80 kPa vakum) konsantre edilmesinin (60,5 Briks) etkilerini araştırmıştır. Mikrodalga vakum evaporatörün evaporasyon hızının (0,089 g H_2O/dk), döner evaporatöre (0,040 g H_2O/dk) göre daha fazla olduğu, elektrik enerji kullanımını azalttığını gözlemlemiştir. Mikrodalga vakum evaporatörün döner evaporatöre kıyasla renk değerini koruduğunu belirtmiştir. Mikrodalga vakum evaporatör (185 W, 80 kPa) ile konsantre edilen örneklere ait L* ve b* renk değerlerinin birinci dereceden kinetik katsayıları ($k_1 \times 10^{-3}$) sırasıyla 0,041 ve 0,93 g H_2O/dk iken döner evaporatörde (80 kPa vakum) ise; 0,054 ve 1,06 g H_2O/dk olduğu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu bulmuştur (p<0.05). Mikrodalga vakum evaporatör (185 W, 80 kPa) ile konsantre edilen örneklere ait a* ve toplam renk farkı değerlerinin sıfırıncı dereceden kinetik katsayıları ($k_0 \times 10^{-3}$) sırasıyla 6,67 ve 15,37 g H_2O/dk iken döner evaporatörde (80 kPa vakum) ise 15,37 ve 24,01 g H_2O/dk olduğu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu bulmuştur(p<0.05). Aynı araştırmacılar tarafından yapılan başka bir çalışmada ananas suları (12 Briks) mikrodalga vakum evaporatör (185 W, 200 mbar vakum), mikrodalga evaporatör (185 W) ve döner evaporatör (200 mbar vakum) ile konsantre (60,5 Briks) etmiştir. Konsantre ananas sularının renk değerlerindeki değişimi kinetik model ile belirlemiştir. Mikrodalga vakum evaporasyonun mikrodalga ve döner evaporasyona kıyasla renk değerlerini daha iyi koruduğunu belirtmiştir. Mikrodalga vakum, mikrodalga ve döner evaporatörlerin L* ve b* renk değerleri için birinci dereceden kinetik katsayıları ($k_1 \times 10^{-2}$) sırasıyla 0,033, 0,141 ve 0,064 g H_2O/dk ve -0,082, 0,420 ve -0,108 g H_2O/dk olarak bulmuştur. Mikrodalga vakum, mikrodalga ve döner evaporatörlerin a* ve toplam renk farkı değerlerinin sıfırıncı dereceden kinetik katsayıları ($k_0 \times 10^{-2}$) sırasıyla 0,724, 3,771 ve 1,958 g H_2O/dk ve 8,365, 25,341 ve 14,337 g H_2O/dk olarak tespit etmiştir (Assawarachan ve Noomhorm, 2010).

Mikrodalga vakum evaporatörün farklı güç yoğunluğu (0,451, 0,925 ve 1,536 W/g) ve vakum basınç değerlerinde (200, 300, 400 ve 500 mbar) ananas suları (12,26 Briks) 61,21 Briks'e konsantrasyon işlemini gerçekleştirmiştir. Vakumlu mikrodalga evaporatörün 0,451, 0,925 ve 1,536 W/g güç yoğunluklarının 200 bar vakum basınç değerlerinde evaporasyon hızları sırasıyla 3,24, 4,49 ve 7,08 g H_2O/dk olduğu, aynı güç yoğunluklarının 500 mbar vakum basınç değerlerindeki evaporasyon hızları sırasıyla 1,67, 3,09 ve 5,98 g H_2O/dk olarak bulmuştur. Güç yoğunluğundaki artışın evaporasyon hızını arttırdığı, fakat vakum seviyesindeki artışla beraber evaporasyon hızında azalma olduğunu bildirmiştir (Assawarachan ve Noomhorm, 2011).

Assawarachan ve Noomhorm (2012), 12 Briks'lik ananas sularını mikrodalga vakum evaporatör (185 W, 200 mbar vakum) ve döner evaporatörde (200 mbar vakum) 60,5 Briks'e konsantre etmiştir. Mikrodalga vakum evaporatörün döner evaporatöre göre evaporasyon hızının 2 kattan daha fazla olduğunu, elektrik enerjisi kullanımının 5 kattan daha fazla azalttığını belirlemişlerdir. Mikrodalga vakum evaporatör (185 W, 200 mbar) ile konsantre edilen ananas sularının L^*/L_0 (0,984), a^*/a_0 (0,942) ve b^*/b_0 (0,962) renk değerlerinin döner evaporatöre (200 mbar) oranla L^*/L_0 (0,952), a^*/a_0 (0,848), b^*/b_0 (0,907) daha yüksek olduğunu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu belirlemişlerdir (p<0.05).

Yapılan başka bir çalışmada karadut suları (16 Briks) mikrodalga vakum evaporatörde (300 W) ve döner evaporatörde 42 Briks'e konsantre etmiştir. Konsantrasyon süresi boyunca renk değerleri (L*, a* ve b*) ve antosiyanin içeriğindeki değişim kinetiğini incelemiştir. Döner evaporatör ile üretilen konsantre karadut suyunun 73, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınç değerlerinde L* renk değerleri sırasıyla 19,8, 17,6, ve 14,2 olarak tespit etmiştir. Aynı çalışma basınçlarında mikrodalga vakum evaporatörün L* renk değerleri sırasıyla 25,5, 21,2 ve 19,1 olarak tespit etmiştir. Mikrodalga vakum evaporatör ile döner evaporatör arasındaki farkın istatistik açısından önemli olduğunu belirlemişlerdir (p<0.05). İki farklı yöntem ile konsantre edilen karadut sularında zamanla tüm Hunter renk değerlerinde azalma olduğunu rapor etmiştir. Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen örneklerin 7,3, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınçlarında antosiyanin içeriğindeki değişimler birinci dereceden kinetik katsayılar olarak sırasıyla 0,034, 0,144 ve 0,191 sa^{-1} olduğunu, aynı çalışma basınçlarında döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,066, 0,171 ve 0,348 sa^{-1} olarak tespit etmiştir. Mikrodalga

vakum evaporatörün, döner evaporatöre oranla antosiyanin içeriğini daha iyi koruduğunu rapor etmiştir (Fazaeli vd., 2013a).

Hojjatpanah vd., (2011), karadut suyu konsantresinin kalite özellikleri üzerine mikrodalga (300 W) ile beraber geleneksel ısıtma yöntemlerinin etkisini araştırmışlardır. Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen karadut sularının 7,3, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınç değerlerinde toplam fenolik madde içeriğindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,113, 0,192 ve 0,269 sa^{-1} olduğunu, aynı çalışma basınçlarında döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,171, 0,299 ve 0,398 sa^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca mikrodalga vakum evaporatör ile döner evaporatör yöntemleri arasındaki farkın istatistik açısından anlamlı olduğunu belirlemişlerdir (p<0.05). Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen karadut sularının 7,3, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınç değerlerinde antioksidan aktivitelerindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,023, 0,037 ve 0,054 sa^{-1} olduğunu, aynı çalışma basınç değerlerinde döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,079, 0,121 ve 0,157 sa^{-1} olduğunu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistik açısından anlamlı olduğunu belirlemişlerdir (p<0.05). Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen karadut sularının 7,3, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınç değerlerinde toplam antosiyanin içeriğindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,034, 0,144 ve 0,191 sa^{-1} olduğunu, aynı basınç değerlerinde döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,066, 0,173 ve 0,348 sa^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir. Mikrodalga vakum evaporatör ile döner evaporatör yöntemleri arasındaki farkın istatistik açısından anlamlı olduğunu belirlemişlerdir (p<0.05). Mikrodalga vakum evaporatör ile üretilen konsantre karadut sularının döner evaporatöre oranla toplam fenolik madde, antioksidan aktivitesi ve antosiyaninlerinin daha iyi koruduğunu ifade etmişlerdir.

Fazaeli vd., (2013b), tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise nar ve karadut suları döner evaporatör ve mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre etmişlerdir. Nar suyunda son konsantrasyon değeri döner evaporatörde (40 Briks) 100, 38.5 ve 12 kPa basınç değerlerinde sırasıyla 140, 127 ve 109 dakika sonunda ulaşırken, aynı koşullarda mikrodalga vakum evaporatörde (300 W) gerekli olan sürenin sırasıyla 118, 95, 75 dakika olduğunu tespit etmişlerdir. Karadut suyu konsantre işleminde kullanılan döner evaporatörde (42 Briks) 100, 38,5 ve 7,3 kPa çalışma basınç değerlerinde sırasıyla 140,

120 ve 95 dakika sonunda ulaşırken, aynı koşullarda mikrodalga vakum evaporatörde gerekli olan sürenin sırasıyla 115, 95 ve 60 dakika olduğunu tespit etmişlerdir. Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen nar suyunun 7,3, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınç değerlerinde toplam antosiyanin içeriğindeki değişiminin birinci dereceden kinetik katsayılarının sırasıyla 0,0006, 0,0021 ve 0,0037 sa^{-1} olduğunu, aynı çalışma basıncında döner evaporatörün birinci dereceden kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,0013, 0,0029 ve 0,0063 sa^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir. Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen nar suları 7,3, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınçlarında antioksidan aktivitelerindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0004, 0,0007 ve 0,001 sa^{-1} olduğunu, aynı çalışma basınçlarında döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0012, 0,0021 ve 0,0028 sa^{-1} olarak tespit etmişlerdir. Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen karadut suları 7,3, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınçlarında toplam antosiyanin içeriğindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0004, 0,0012 ve 0,003 sa^{-1} olduğunu, aynı çalışma basıncında döner evaporatörün birincil derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0013, 0,0026 ve 0,005 sa^{-1} olarak tespit etmişlerdir. Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen karadut suları 73, 38,5 ve 100 kPa çalışma basıncında antioksidan aktivitelerindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0003, 0,0006 ve 0,009 sa^{-1} olduğunu, aynı çalışma basınçlarında döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,001, 0,0018 ve 0,0026 sa^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir. Sıcaklık değerlerindeki ve çalışma basınçlarındaki artış ile birlikte ürünlerdeki antosiyanin içeriğinin azaldığını saptamışlardır.

Mikrodalga ve geleneksel ısıtma yöntemlerinin nar suyu konsantresinin kalite özellikleri ve evaporasyon hızına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, mikrodalga ısıtmanın konsantrasyon süresini azalttığını rapor etmişlerdir. Mikrodalga vakum evaporatörün evaporasyon hızının (100, 38,5 ve 12 kPa'da sırasıyla, 0,007, 0,010 ve 0,014 dk^{-1}) döner evaporatöre (100, 38,5 ve 12 kPa'da sırasıyla 0,006, 0,007 ve 0,009 dk^{-1}) oranla yüksek olduğunu ve evaporasyon hız sabitlerinin arasındaki farkın önemli olduğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$). Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen nar sularının 12, 38,5 ve 100 kPa basınç değerlerinde antosiyanin içeriğindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,02, 0,06 ve 0,09 sa^{-1} olduğunu, aynı basınç değerlerinde döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,05, 0,09 ve 0,63 sa^{-1} olduğu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu

rapor etmişlerdir ($p<0.05$). Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen nar sularının 12, 38,5 ve 100 kPa çalışma basınçlarında antioksidan kapasitelerindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0223, 0,0346 ve 0,0568 sa^{-1} olduğunu, aynı basınç değerlerindeki döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,0988, 0,1100 ve 0,1700 sa^{-1} olduğu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu rapor etmişlerdir ($p<0.05$) (Yousefi vd., 2012). Siyah ve kırmızı ahududu sularının konsantrasyon işlemini kapsayan çalışmada, mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen siyah ahududu sularının 12, 38,5 ve 100 kPa basınçlarında antosiyanin içeriğindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla -0,001,-0,002 ve -0,003 dk^{-1} olduğunu, aynı basınç değerlerinde döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla -0,005, -0,005 ve -0,005 dk^{-1} olduğunu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu rapor etmişlerdir ($p<0.05$). Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen kırmızı ahududu sularının 12, 38,5 ve 100 kPa basınçlarında antosiyanin içeriğindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla -0,001, -0,001 ve -0,004 dk^{-1} olduğunu, aynı çalışma basınç değerlerinde döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla -0,004, -0,004 ve -0,005 dk^{-1} olduğunu ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu rapor etmişlerdir ($p<0.05$). Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen siyah ahududu sularının 12, 38,5 ve 100 kPa basınçlarında antioksidan aktivitelerindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0003, 0,0005 ve 0,0006 dk^{-1} olduğunu, aynı çalışma basınç değerlerinde döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,0012, 0,0017 ve 0,0022 dk^{-1} olduğunu tespit etmişler ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu vurgulamışlardır ($p<0.05$). Mikrodalga vakum evaporatör ile konsantre edilen kırmızı ahududu sularının 12, 38,5 ve 100 kPa basınç değerlerinde antioksidan aktivitelerindeki değişiminin birinci derece kinetik katsayıları sırasıyla 0,0003, 0,0006 ve 0,0007 dk^{-1} olduğunu, aynı basınç değerlerinde döner evaporatörün birinci derece kinetik katsayılarının ise sırasıyla 0,0015, 0,0019 ve 0,0024 dk^{-1} olduğunu tespit etmişler ve iki yöntem arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu vurgulamışlardır ($p<0.05$) (Yousefi vd., 2013).

Literatürde yer alan çalışmalarda, ısıtma işleminin sadece vakumlanabilir bir cam erlende yapılması ve ısıtma süresince ürün sıcaklığının anlık takibinin yapılamaması büyük bir problem oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan mikrodalga vakum evaporatörde ise tamamen vakumlanabilir ısıtma ünitesi ile prosesteki tüm aşamalar kontrol

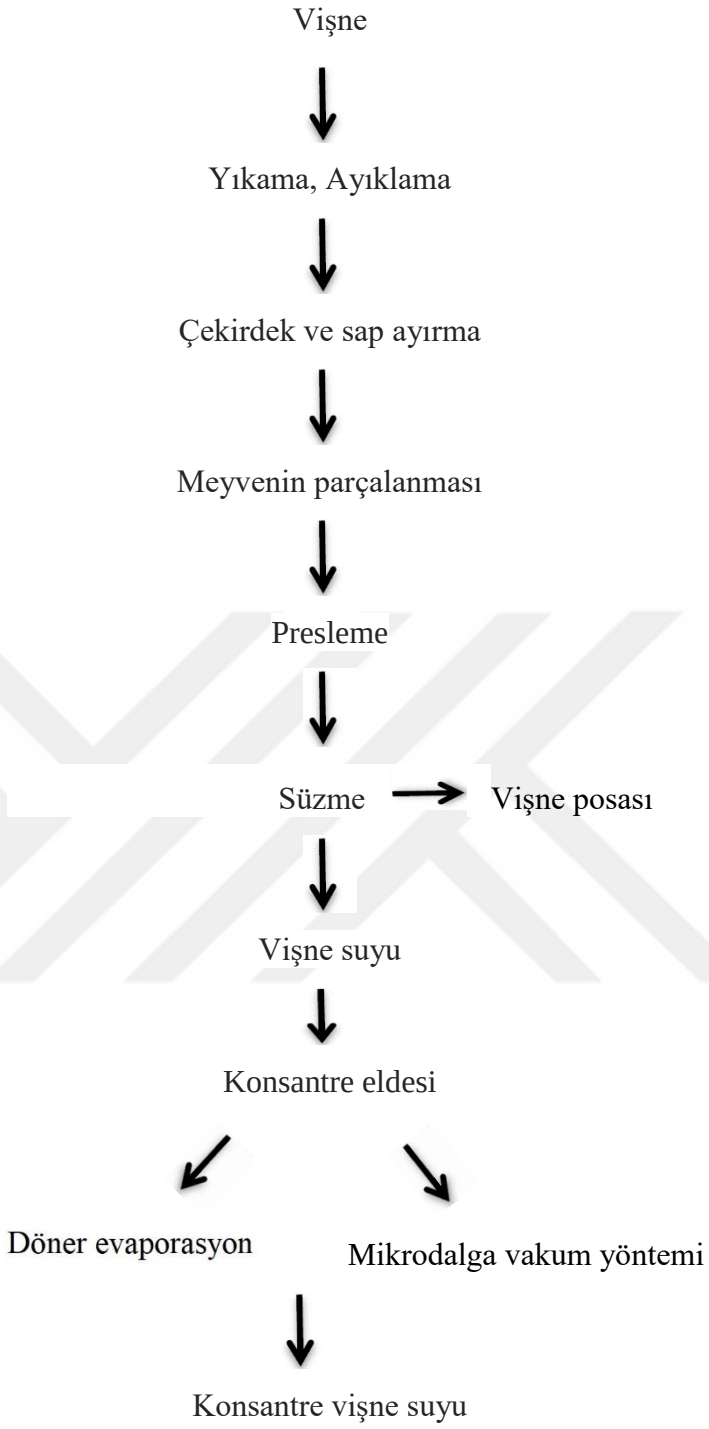
edilebilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda geleneksel konsantre tekniği olarak sadece döner evaporatör tekniği kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda mikrodalga vakum evaporatör yöntemi kullanılarak vişne suyunun konsantre edilmesine ilişkin bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla gerçekleştirlen bu tez kapsamında iki farklı yöntem (mikrodalga vakum evaporatör ve döner evaporatör) ile üretilen vişne suyu konsantrelerinin kalite özellikleri incelenmiştir.

BÖLÜM III

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan taze vişne yerel marketlerden (Niğde) sağlanmıştır. Vişneler, meyve suyu eldesinden önce 4°C sıcaklıkta depolanmıştır. Yıkanmış ve kurutulmuş vişnelerin sap ve çekirdekleri çıkarılmış ve blender (Arnica Orbital mix, Türkiye) ile parçalanmış meyveden meyve suyu elde edilmiştir. Taze sıkılmış vişne suyu kontrol olarak ayrılmış ve analizlerin yapılması için hava almayacak şekilde ağzı sıkıca kapatılan bir şişe içinde -18°C sıcaklıkta analiz yapılana kadar depolanmıştır. Durultulmamış vişne suyundan elde edilen konsantre vişne suyu üretiminde uygulanan ana işlem basamakları Şekil 3.1.' de gösterilmektedir.



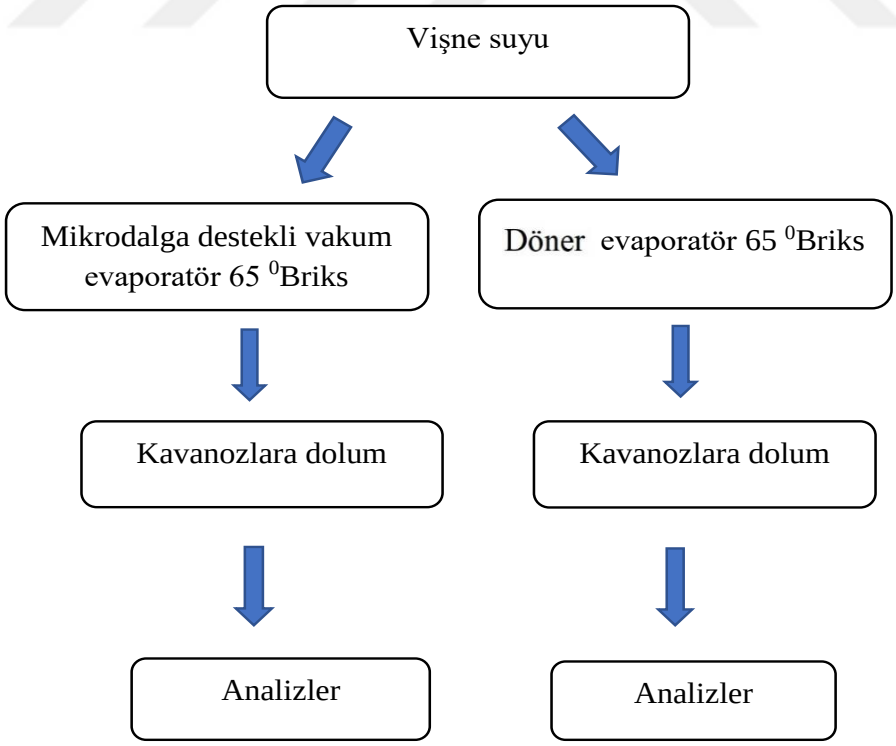
Şekil 3.1. Konsantre vişne suyu üretiminde uygulanan ana işlem basamakları

3.2 Yöntem

3.2.1 İşleme yöntemleri

Mikrodalga vakum evaporasyon işlemi için ev tipi mikrodalga fırın (MD 564, Arçelik, Türkiye) kullanılmıştır. Mikrodalganın merkezine vakum pompasına (Isolab) bağlı hermetik bir erlen mayer (500 mL) içinde meyve suyu numunesi yerleştirilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda 360 W güç seviyesinin üstünde veya altında ısıtma sonucunda köpürme, meyve suyunun kömürleşmesi veya uzun konsantrasyon süresi gibi bazı problemlerle karşılaşıldığından bu güç seviyesinin uygun olduğu bildirilmekte ve bundan dolayı mikrodalga gücü 360 W olarak uygulanmıştır. Vakum basıncı ise 0,02 MPa (20 kPa), 0,04 MPa (40 kPa) ve 0,06 MPa (kPa) olarak kullanılmıştır.

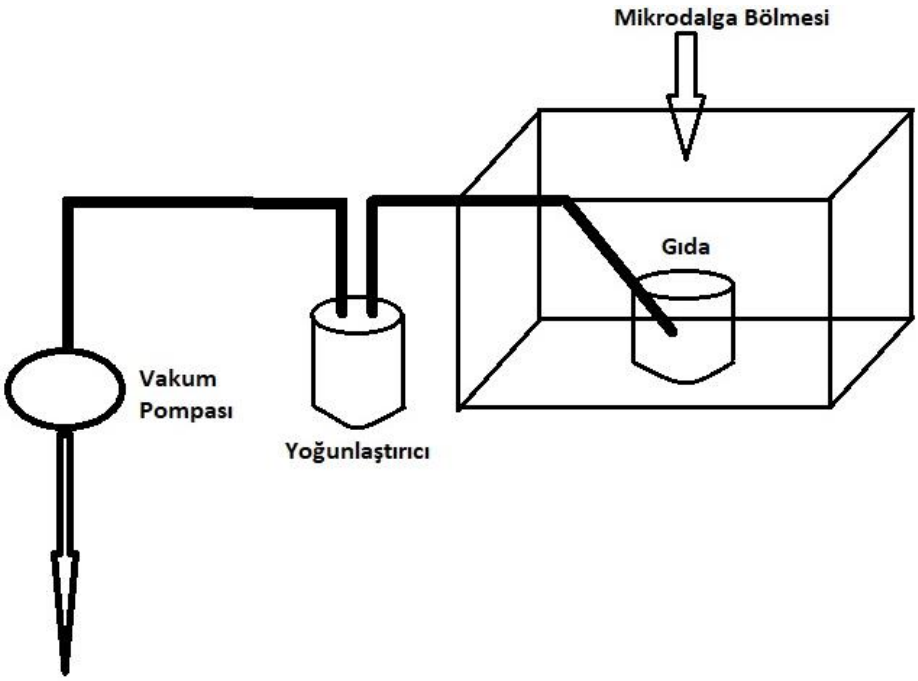
Geleneksel ısıtma için döner evaporasyon (Heidolph, Hei-VAP Value, Almanya) yöntemi uygulanmıştır. Mikrodalga vakum evaporasyon işleminde ön denemeler ile belirlenen sıcaklık ve basınç koşulları aynı şekilde döner buharlaştırmaya uygulanmıştır.



Şekil 3. 2. Vişne suyu konsantresi üretim akış şemaları

3.2.1.1 Mikrodalga vakum evaporatör sistem

Mikrodalga vakum altında evaporasyon işleminin gerçekleştirildiği ünitenin kurulumu gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Cam erlen içinde bulunan örnek mikrodalga içine yerleştirilerek sistem çalıştırılmıştır. Örnekten buharlaştırılan su vakum pompası yardımıyla çekilerek yoğuşturulmuştur. Hedeflenen Briks değerine gelinceye kadar işleme devam edilmiştir. 65 Brikse gelen vişne suyu konsantrelerinin sıcaklık değerleri 0,02 MPa için 82,15 °C, 0,04 MPa için 74,25 °C, 0,06 MPa için 73,3 °C'dir.



Şekil 3.3. Mikrodalga vakum evaporatör

3.2.1.2 Döner evaporatör sistemi

Döner evaporatör ile evaporasyon işlemi laboratuvar tipi Heidolph (Heidolph, Hei-VAP Value, Almanya) markalı cihaz kullanılarak yapılmıştır. Döner buharlaştırma için kullanılan basınç değeri 0,04 MPa ve sıcaklık değeri de 70,4 °C olarak uygulanmıştır.

Şekil 3.4. Döner evaporatör sistemi

3.2.2 Analizler

3.2.2.1 pH ölçümü

Homojen olarak alınan 10 mL örneklerin pH değeri pH metre (Hanna edge, İngiltere) ile ölçülmüştür.

3.2.2.2 Titrasyon asitliği

Homojen olarak alınan 10 mL örneğe 0,5 mL fenol fitalein ayıracı eklendikten sonra 0,1 N NaOH ile 8,1 pH'ya gelene kadar titre edilmiş, titrasyonda harcanan NaOH kaydedilip sonuçlar AOAC (1990) cinsinden hesaplanmıştır. Sonuçlar malik asit ve sitrik asit cinsinden ifade edilmiştir.

$$\text{Titrasyon asitliği} = \frac{(VxfxEx100)}{m} \quad (3.1)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, mL

f: Titrasyon faktörü

E: 1 mL 0,1 N NaOH'ın eşdeğeri asit miktarı, g

m: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, g

3.2.2.3 Briks

Suda çözünen toplam kuru madde (Briks) tayini Abbe refraktometresi (A. Krüss Optronic GmbH, AR4, Almanya) kullanarak yapılmıştır. Sonuçlar Briks olarak belirtilmiştir.

3.2.2.4 Renk tayini

Renk tayini Konica-Minolta (Osaka, Japonya) marka CR400 renk tayini cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Örnekler 10 mm ışık yollu cam küvetlere konularak cihaza verilmiş ve cihazdan L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir. C* ve h değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

C*: Kroma (Renk Doygunluğu)=$[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ (3.2)

h: Renk Açısı (Ton açısı)= (b*/a*) (3.3)

3.2.2.5 Hidroksimetil furfural tayini

Taze sıkılmış ve konsantre edilen vişne suyu örneklerinde HMF miktarının belirlenmesi Cemeroğlu (2010)'a göre yapılmıştır. Bu amaçla, 50 mL'lik bir balon joje içerisine 20 mL vişne suyu örneği ile 10 mL saf su, 1 mL Carrez I ve 1 mL Carrez II çözeltileri ilave edilip saf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. 10 dakika süreyle bekletilen örnekler daha sonra kaba filtre kâğıdından süzülmüştür. Seyreltilen ve filtre edilen örnekten iki test tüpüne 2'şer mL aktarılmış, her iki tüpe 5'er mL p-toluidin çözeltisi eklenmiştir. Tüplerden şahit olarak kullanılan birinci tüpe 1,0 mL saf su, ikinci tüpe 1,0 mL barbiturik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Örneklerin absorbansı şahit çözeltiye karşı 550 nm'de UV/VIS spektrofotometrede (Thermo Fisher Scientific, Evolution 300, Massachusetts, ABD) ölçülmüştür. Örnekteki HMF miktarı aşağıdaki eşitlik (3.4) yardımıyla belirlenmiş ve sonuçlar "mg/L" olarak ifade edilmiştir.

HMF = 162 (A) (3.4)

A: Okunan absorbans değeri

3.2.2.6 Toplam monomerik antosiyanin analizi

Toplam monomerik antosiyanin miktarı pH diferansiyel metoduyla (Cemeroğlu, 2010) belirlenmiştir. 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 ($(A_{vis\text{-}max} - A_{700})_{pH\ 1,0}$) ve pH 4,5 ($(A_{vis\text{-}max} - A_{700})_{pH\ 4,5}$) olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı (A), doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır.

pH 1,0'de yapılan örneğin vis-max nm'deki absorbansı toplam antosiyanin miktarının bir ölçüsüdür. vis-max değeri dalga boyu taraması ile belirlenmiştir. Ayrıca düzeltme faktörü olarak kullanılmak üzere 700 nm'de de absorbans değeri okunmuştur. $A_{vis\text{-}max}$ ve A_{700}' den yararlanarak monomerik antosiyaninlerden kaynaklanan absorbans (A) eşitlik (3.5) ile hesaplanmıştır.

$$A=(A_{vis\text{-}max}-A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{vis\text{-}max}- A_{700})_{pH\ 4,5} \quad (3.5)$$

Örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin içeriği, siyanidin 3-glukozit cinsinden eşitlik (3.6) ile hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam monomerik antosiyaninler (mg/L)} = \frac{\text{A x Molekül ağırlığı x Seyreltme Faktörü x 1000}}{\text{Absorpsiyon katsayısı x Işık yolu, cm}} \quad (3.6)$$

3.2.2.7 Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocaltaeu metoduna göre yapılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). Standart olarak kullanılan gallik ve klorojenik asit su içerisinde çözdürülerek kullanılmıştır. Standart kalibrasyon eğrisi için, standardın 5 farklı konsantrasyonu hazırlanmıştır. Meyve suyu konsantreleri 18,7 Briks değerine getirilerek örneklerde toplam fenolik madde tayini gerçekleştirilmiştir. Farklı koşullarda konsantre edilen meyve suyu örnekleri ve kontrol örneğinden 100 µL alınarak üzerine 0,75 mL

Folin- Ciocaltaeu çözeltisi (suda, %10'luk) eklenmiş ve oda sıcaklığında 5 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda üzerine 0,75 mL Na_2CO_3 (suda, 75 g/L) ilave edilerek vortekste kuvvetlice karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında karanlıkta 1 saat bekletilmiş ve sonra 725 nm'de çözeltilerin absorbansları okunmuştur. Aynı işlemler kalibrasyon eğrisi için hazırlanmış farklı konsantrasyonlardaki gallik ve klorojenik asit çözeltilerine de uygulanmıştır. Örneklerin absorbansları, çizilen gallik ve klorojenik asit kalibrasyon eğrisinden okunarak toplam fenolik madde konsantrasyonu eşdeğer gallik asit (mg GAE/L) ve klorojenik asit (mg CAE/L) olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.8 DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite tayini

Serbest radikal yakalama etkinliği deneyi 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak Blois'in metoduna göre çalışılmıştır (Blois, 1958). Metot ekstraktların bir proton veya elektron verebilme yeteneğinin, mor renkli DPPH çözeltisinin rengini açması esasına dayanır. Reaksiyon karışımının absorbansının düşmesi yüksek serbest radikal giderme aktivitesinin göstergesidir. Ekstraktlardan 0,1'er mL alınarak, 3,9 mL, 0,1 mM DPPH (%80'lik metanolde) çözeltisi ilave edilmiştir. Vortekslendikten sonra oda koşullarında karanlıkta 30 dakika bekletilmiş ve 517 nm'de absorbansları okunmuştur. Örnek yerine 0,1 mL metanol (%80) kullanılarak aynı şartlarda kontrol olarak kullanılmıştır. Kontrolün absorbansı günlük olarak ölçülmüştür. % DPPH radikali giderme aktivitesi eşitlik (3.7) ile hesaplanmıştır:

$$\%\ \text{DPPH Radikali Giderme Aktivitesi} = \frac{\text{Kontrolün absorbansı-Örnek Absorbansı}}{\text{Kontrol Absorbansı}} \quad (3.7)$$

3.2.2.9 HPLC yöntemi ile fenolik bileşen belirlenmesi

Vişne suyunun fenolik bileşik içeriğini belirlemek için HPLC yöntemi kullanılmıştır (Kuşçu ve Bulantekin, 2016). Ekstraktların 20 µl'si HPLC'ye (Shimadzu Corporation, Kyoto Japan) enjekte edilmiştir. HPLC sistemi bir pompa (LC-10ADvp), degazer (DGU-14A), kontrol fırını (CTO-10Avp), bir detektörden (DAD dedektör (λ_{max}=278nm)) oluşmaktadır. Polifenolikler Agilent Eclipse XDB-C18 kolonu kullanılarak ((250x4,60 mm), 5 mikron) ayrılmıştır. Kolon sıcaklığı 30 °C olmalıdır. Ayrım ikili çözücü

sistemiyle gradient program uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Mobil faz %3 asetik asit (A) ve metanolden (B) oluşmaktadır. Akış hızı çalışma boyunca 0,8 mL/dakika olarak kullanılmıştır. Gradient programı Çizelge 3.1' ye göre uygulanmıştır.

Çizelge 3.1. Gradient programı

Süre (dakika)	A (%)	B (%)
0	93	7
20	72	28
28	75	25
35	70	30
50	70	30
60	67	33
62	58	42
70	50	50
73	30	70
75	20	80
80	0	100
81	93	7

3.2.2.10 İstatistiksel Yöntem

Veriler Minitab (17 versiyon, Minitab Inc., State College, PA, ABD) paket programı kullanılarak %95 güvenlik aralığında analiz edilmiş olup verilerin analizinde genel lineer model kullanılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların tespiti için Tukey's çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Her bir deney en az üç kez tekrarlanmıştır.

BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mikrodalga vakum evaporatörün çalışma koşullarının belirlenmesi

Tez çalışmasında kullanılan mikrodalga vakum evaporasyon (MVE) sistemi, gücü 360-1200 W, vakum düzeyi 0-0,1 MPa aralığında ayarlanabilen, vakum pompası ve yoğunlaştırıcı üniteden oluşmaktadır. Bozkır ve Baysal (2017) yaptıkları çalışmada, 334 W gücün altında yapılan denemelerde ürünün sıcaklığının 82 ^{0}C üzerine çıkmadığı ve 668 W gücün üstünde ise ekipmanın en düşük vakum düzeyinde köpürme ve aşırı ısınma oluşturduğunu tespit etmiştir. Yapılan denemelerde, 668 W güç değerinde 0,05 MPa'ın altındaki vakum değerlerinde aşırı ısınma olduğu belirlenmiş olup, aynı şekilde 668 W güçte 0,08 MPa'ın üzerindeki vakum değerlerinde de aşırı ısınma ve buna bağlı olarak köpürme meydana gelmiştir. Bu nedenle ön denemeler ile vişne suyu konsantrasyonu için sistemdeki güç 360 W, vakum düzeyi 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa olarak belirlenmiştir. Denemeler aşırı ısınma ve köpürmeden dolayı 500 mL'lik traşlı erlene 100 mL örnek konularak gerçekleştirilmiştir. Aynı hacimdeki erlen döner evaporasyon için de kullanılmıştır.

4.2 VAE ve mikrodalga vakum evaporasyon yöntemlerinin vişne suyu konsantresinde bazı kalite kriterleri üzerine etkileri

VAE ve mikrodalga vakum evaporasyon işlemleri vakum altında (0,02, 0,04 ve 0,06 MPa) ve 360 W gücünde vişne suyunun SÇKM içeriği %65'e ulaşıncaya kadar gerçekleştirilmiştir. Ham madde ve %65 SÇKM içeriğine sahip konsantre üründe; Briks, pH, titrasyon asitliği, toplam fenolik madde (TFM) miktarı, toplam monomerik antosiyanin (TMA) miktarı, antioksidan aktivite (AA) değerleri, renk özellikleri (L*, a*, b*, h ve C*), hidroksimetil furfural (HMF) miktarı ve HPLC ile fenolik bileşenler belirlenmiştir. Analiz sonuçları değerlendirilerek kalite özelliklerindeki değişimler ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar alt başlıklar halinde tartışılmıştır.

4.2.1 Briks, pH ve titrasyon asitliği değerlerinin değişimi üzerine etkisi

Evaporasyon öncesi ham madde vişne suyunun SÇKM içeriği (Briks) %18,7, pH değeri 3,14 ve titrasyon asitliği 1,60 g/100 mL (malik asit cinsinden) ve 1,52 g/100 mL (sitrik asit cinsinden) olarak tespit edilmiştir.

Damar (2010), Türkiye'deki başlıca yetişme yörelerinden temin edilen 11 farklı vişne çeşidinden üretilen 11 farklı vişne suyu örneğinin SÇKM içeriğini, pH ve titrasyon asitliği değerlerini sırası ile 15,97-26,33 Briks, 2,84-3,16 ve %1,64-2,3 (malik asit cinsinden) arasında değiştiğini tespit etmiştir. Ekşi vd. (1980), vişne suyunun toplam asitlik değerinin 13,5–29,2 g/L arasında olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada düşünüldüğünün tersine vişne suyunda hakim asidin sitrik asit değil, L-malik asit olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre L malik asit değeri 1,43–2,92 g/100 mL olarak rapor edilirken, sitrik asit değerinin ise 5,19–11,50 mg/100 mL olduğunu tespit etmişlerdir.

Velioğlu ve Yıldız (1996), Kütahya, Denizli ve Konya bölgelerinden elde edilen 25 farklı vişne suyu örneğinin SÇKM içeriğini %12,36-19,30 arasında, titrasyon asitliğini ise 17,5-25,5 g/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Belibağlı ve Dalgıç (2007) tarafından yerel bir marketten elde edilen vişne örnekleri sırasıyla presleme, filtrasyon ve berraklaştırma işlemi gerçekleştirildikten sonra döner evaporatörde konsantrasyon işlemine (%75 SÇKM) tabi tutmuşlardır. Konsantre vişne suyu, AOAC metoduna göre pH değerinin 3,27, asitlik değerinin ise %7,73 olduğu tespit etmişlerdir. Evrendilek (2016), aralarında vişne suyunun da bulunduğu farklı meyve sularına vurgulu elektrik uygulaması sonucunda aroma dağılımını incelemiştir. Kullandığı vişne suyunun SÇKM içeriğini 13,45 Briks, pH değerini 3,18 ve titrasyon asitliği değerini ise %0,25 olarak tespit etmiştir.

Erceyes (2014) Amasya, Tokat ve Ankara yörelerinden elde edilen 6 farklı vişne suyu örneğinin 3 etkili evaporatörde %62,2-66 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilmesi sonucunda bazı kalite parametrelerindeki değişimleri incelemiştir. Kullanılan ham maddenin SÇKM içeriğinin %15,5-19,2, pH değerinin 2,86-3,20, titrasyon asitliği değerinin ise 15,52-20,53 g/L arasında değiştiğini vurgulamıştır. Konsantre edilen ürünlerde ise pH değerinin 2,87-3,11, titrasyon asitliği değerinin ise %54,50-59,23 g/L arasında değiştiğini tespit etmiştir. Mert (2012), vişne suyu konsantresi sırasında çeşitli

basamaklarda alınan örneğin SÇKM içeriğini incelemiş, meyvede SÇKM %14,9 değerinde iken mayşede bu değerin %12,3, evaporasyon işlemi sonrası son ürün SÇKM içeriğinin ise %70,8 olduğunu tespit etmiştir. Diğer yandan pH değerinin başlangıçta 3,01, son üründe (konsantre işlemi sonrasında) ise 2,72 olduğunu belirtmiştir. Asitlik değerinin ise meyvede %1,77 olduğunu, mayşede bir miktar azaldığını ve son üründe ise konsantrasyon değerine bağlı artış olduğunu (7,53) tespit etmiştir.

Mikrodalga vakum ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine konsantre edilen vişne sularının briks, pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine konsantre edilen vişne sularının Briks, pH ve titrasyon asitliği değerleri

	Kontrol	Döner Evaporasyon	Mikrodalga		
			0,02 MPa	0,04 MPa	0,06 MPa
Briks (%)	18,7±0,05^{b}	64,28±1,55^{a}	65,73±0,44^{a}	64,15±0,40^{a}	64,55±1,73^{a}
pH	3,14±0,07^{a}	2,90±0,11^{b}	2,98±0,04^{ab}	2,88±0,15^{b}	2,91±0,10^{b}
Titrasyon asitliği (%) (malik asit cinsinden)	1,60±0,19^{b}	7,97±0,81^{a}	7,44±0,34^{a}	6,96±0,60^{a}	7,19±0,33^{a}
Titrasyon asitliği (%) (sitrik asit cinsinden)	1,52±0,18^{b}	7,61±0,77^{a}	7,10±0,32^{a}	6,65±0,57^{a}	6,87±0,32^{a}

Aynı satırda farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Sonuçlara bakıldığında konsantrasyon öncesi temin edilen ham madde vişne suyunun % SÇKM içeriği açısından literatür ile paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Yapılan değerlendirme sonucunda hem mikrodalga vakum evaporasyon hem de döner evaporasyon işlemlerinde benzer toplam kuru madde içeriğine sahip konsantre vişne suyu elde edildiği belirlenmiştir. Konsantre işleminden önce vişne suyunun pH değeri 3,14'tür. Konsantre olan vişne suyunda 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa sırasıyla pH değerleri 2,98, 2,88 ve 2,91 olarak tespit edilmiştir. Döner evaporasyonun pH'sı ise 2,90'dır. Çalışmada kullanılan vişne suyu ve konsantre örneklerine ait pH değerlerinin, daha önce yapılan çalışmalarda bulunan değerlerle uyum gösterdiği belirlenmiştir. Konsantre işleminden önce vişne suyunun titrasyon asitliği 1,60 g/100 mL (malik asit cinsinden)'dir.

Konsantre olan vişne suyunda 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa için sırasıyla titrasyon asitliği değerleri 7,44, 6,96 ve 7,19 g/100 mL olarak tespit edilmiştir. Döner evaporasyonun titrasyon asitliği ise 7,97 g/100 mL (malik asit cinsinden)'dir. Bu tez çalışmasında, benzer çalışmalarda olduğu gibi, konsantrasyon sonucunda pH değerlerinin azaldığı (p<0,05) konsantrasyon değerine bağlı olarak asitlik değerlerinin arttığı (p<0,05) tespit edilmiştir.

4.2.2 Renk özellikleri üzerine etkisi

%18,7 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu örneklerinin VAE ve mikrodalga vakum evaporasyon işlemleri ile %65 SÇKM içeriğine konsantre edilmesi ile renk özelliklerindeki değişim Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelgede L*, a*, b*, hue açısı (h) ile kroma değerleri (C*) hesaplanmıştır. Hue açısı örneğin renk tonunun belirlenmesinde, kroma değeri ise renksel parlaklığın değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Hue açısı 0º = kırmızı-mor, 90º = sarı, 180º = mavimsi-yeşil, 270º = mavi, 360º = 0º olup vişne suyu konsantreleri kırmızı-moru göstermektedir (Özaltın, 2016). Ham maddenin L*, a*, b*, h ve C* değerleri sırasıyla 19,91, 0,34, 1,53, 4,51 ve 1,56 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin ve ham maddenin renk özellikleri

	Ham madde	Döner evaporasyon	Mikrodalga		
			0,02 MPa	0,04 MPa	0,06 MPa
L*	19,91±0,010^{a}	19,38±0,010^{d}	19,46±0,01^{b}	19,42±0,01^{c}	19,40±0,01^{d}
a*	0,34±0,020^{a}	0,18±0,040^{b}	0,05±0,02^{c}	0,08±0,03^{c}	0,3±0,02^{a}
b*	1,53±0,000^{c}	1,57±0,02^{b}	1,81±0,01^{a}	1,56±0,01^{b}	1,55±0,02^{bc}
C*	1,56±0,004^{b}	1,58±0,01^{b}	1,81±0,01^{a}	1,56±0,02^{b}	1,58±0,01^{b}
h	4,51±0,265^{d}	9,90±0,03^{c}	28,07±1,93^{a}	15,68±1,32^{b}	5,18±0,39^{d}

Aynı satırda farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Damar (2010), 11 farklı vişne suyu için yaptıkları çalışmada örneklerin renk değerleri L*, a* ve b* cinsinden değerlendirmiştir. Vişne suyunun sırasıyla L* değerinin 19,31-19,77, a* değerinin 1,80-3,33 arasında b* değerinin ise -0,92-0,29 arasında olduğunu tespit etmiştir. Erceyes (2014), 3 farklı ilden temin edilen vişne suyu örneklerinin farklı işlem basamaklarındaki (presleme, pastörizasyon, berraklaştırma, son filtrasyon ve evaporatör) renk değerlerinin (L*, a*, b* ve türevlerinin) değişimini incelemiştir. Presleme sonunda

vişne suyunun L* değerinin 12,44-14,45, a* değerinin 1,35-7,97, b* değerinin ise 2,45-5,34 arasında olduğu tespit etmiştir. Evaporatöre girmeden önceki basamak olan son filtrasyon basamağında ise L* değerinin 11,98-12,48 arasında, a* değerinin 1,89-1,14 arasında, b* değerinin ise 2,87-3,17 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Bu değerler işleme tabi tutulan vişne suyunun renk değerlerinde bir miktar azalma olduğunu göstermektedir. Evrendilek (2016) taze sıkılmış vişne suyunun L* değerini 1,80, a* değeri 2,45 ve b* değerini ise 0,85 olarak tespit etmiştir. Sonuç olarak literatürde vişne suyunun renk değerlerinin geniş bir aralıkta değiştiğini rapor etmiştir. Bunun sebebi olarak, incelenen vişne suyunun cinsi, maruz kaldığı işlemler, renk ölçümünde kullanılan cihaz, renk ölçüm yöntemi vb. faktörlerin etkili olabileceği düşünülmektedir. Kırmızı meyvelerden yapılan meyve suyu renginin değişmesinde en önemli etken monomerik antosiyaninlerin degradasyonu ve bunu izleyen antosiyanin polimerizasyonu sonucu oluşan kahverengi renkli bileşiklerdir (Somers ve Evans, 1986). Ayrıca vişne suyunun ana renk maddesinin TMA olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Damar ve Ekşi, 2012).

Maskan (2006) nar suyunun mikrodalga, döner evaporatör ve atmosferik koşullarda evaporasyon işlemlerinde Hunter L* değerlerinin sırasıyla %43,4, %55,3 ve %46,8, Hunter a* değerlerinin ise sırasıyla %25,8, %27,2 ve %19,4 azaldığını gözlemlemiştir. a* değerinde gözlemlenen durumun benzeri frenk üzümü şurubunda (Skrede, 1985), üzüm suyunda (Rhim vd.,, 1989) ve mor havuçta (Uyan vd.,, 2004) yapılan çalışmalarda da rastlandığını belirtmiştir.

Ayrıca vişnede bulunan kendine özgü mora çalan renginin antosiyanin içeriğinden kaynaklandığı düşünülecek olursa özellikle renk değerleri üzerinde antosiyanin içeriğinin ne kadar önemli bir faktör olduğu çıkarımı yapılabilir. Antosiyaninler suda çözünür pigmentler olup portakal kırmızısından koyu mor renge kadar renkten sorumludurlar. C6-C3-C6 yapılarının glikozitlerle, açil gruplarla ve diğer gruplarla kimyasal kombinasyonu sonucunda renk değişimi olmaktadır. Antosiyaninler doğada en çok 3-monoglikozitler ve 3,5-diglikozitler gibi glikozit formunda bulunurlar. Bazı antosiyaninler ise bunlara ek olarak kumarik, kafeik, ferulik, p-hidroksibenzoik, sinapik, malonik, asetik, suksinik, okzalik ve malik asitlerle de açillenmiş olarak bulunabilmektedir. Hidroksil ve metoksil gruplarının varlığı antosiyaninlerin rengini değiştirmektedir. Örneğin daha fazla hidroksil grup mavimsi rengi, metoksil grup ise kırmızılığı arttırmaktadır (Nayak vd., 2015).

Antosiyaninin aktivitesi ve stabilitesi yapıya bağlanan serbest hidroksil gruplarının sayısına, pozisyonuna ve açillenme tipine bağlı olmaktadır (Patras vd., 2010).

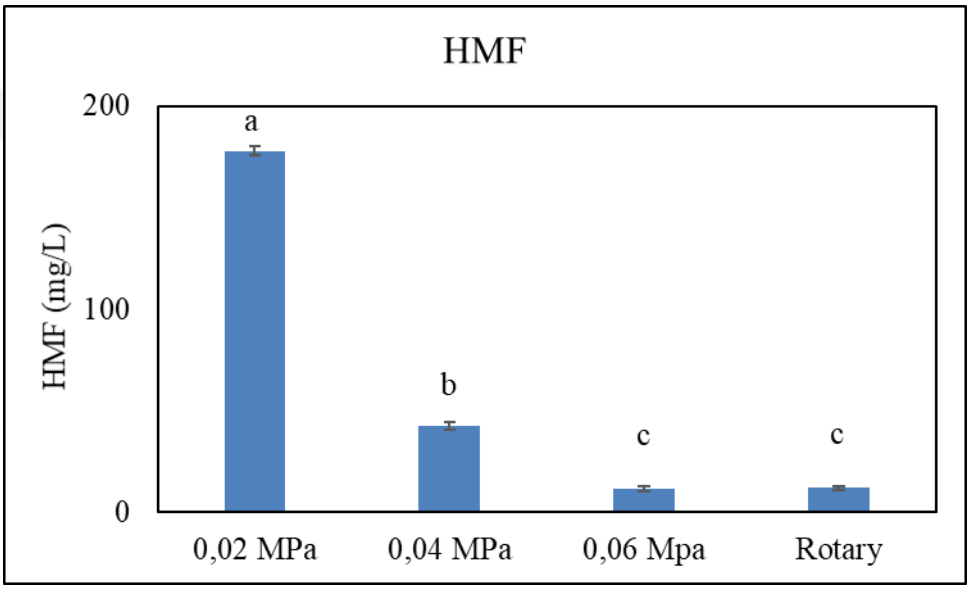
Sonuçlara bakıldığında vişne suyunun 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa mikrodalga vakum ve döner evaporasyon işlemlerinde L* değerlerinin sırasıyla 19,46, 19,42, 19,4 ve 19,38, a* değerlerinin sırasıyla 0,05, 0,08, 0,3 ve 0,18, b* değerlerinin ise sırasıyla 1,81, 1,56, 1,55 ve 1,57 azaldığı (p<0,05) gözlemlenmiştir. L* ve a* değerindeki bu azalmaların meyve suyunda stabil olmayan kırmızı renkteki antosiyaninlerin ısıl işlem ile bozulmasından ve antosiyaninlerin diğer fenoliklerle polimerizasyonundan kaynaklandığı bildirilmiştir (Rhim vd., 1989; Garcia-Viguera vd., 1999; Alighourchi ve Barzegar, 2009).

Hue açısı Hunter a* ve b* arasındaki ilişki ile hesaplanabilmektedir. Açı değerleri ana renk değerlerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Hue açısı değeri 0 veya 360 ise kırmızı rengi, 90, 180 ve 270 değerlerine sahip ise sırasıyla sarı, yeşil ve mavi değerlerini ifade etmektedir. Kroma değeri ürünün renklilik indeksi olarak tanımlanabilmektedir. Kroma değerinin artması renk yoğununun artmasına sebep olmaktadır (Profir vd., 2013). Kroma değeri ise hem mikrodalga vakum evaporasyonda hem de döner evaporasyonda birbirine yakın bulunmuştur. Böylece renklerin parlaklığının benzer olduğu tespit edilmiştir.

Hue açısı değerleri incelendiğinde, mikrodalga vakum yöntemi (0,06 MPa) ile elde edilen konsantrenin ham madde ile benzer renge sahip olduğu tespit edilmiştir. Ham madde ısıl işlem görmediğinden dolayı renk değişimi minimum düzeydedir. Isıl işlem gören konsantrelerde ise kayıplar meydana gelmiştir. Mikrodalga vakum evaporasyon döner evaporasyona kıyasla daha az kayıp vermiştir. Isıl işlemlere bakıldığında en az kaybı 0,06 MPa mikrodalga vakum evaporasyon yöntemi vermiştir. Genel olarak renk değerlerindeki değişimin asıl nedeninin literatürdeki bilgiler ışığında TMA ve TFM degredasyonu olduğu düşünülmektedir. Mikrodalga vakum evaporasyon işleminin renk kalitesini koruması açısından döner evaporasyon işlemine alternatif olabileceği öngörülmektedir.

4.2.3 Hidroksimetil furfural oluşumu üzerine etkileri

Meyve suyu işleme sırasında oluşan HMF, renkte esmerleşmeye yol açması ve besinsel kayıpların göstergesi olmasından dolayı kalite yönünden ve mutajenik ve toksikolojik özellik gösterdiği için sağlık yönünden olumsuz etkiye sahiptir. Taze sıkılmış ve hiçbir işlem uygulanmamış meyve sularında genellikle HMF bulunmamakla beraber, meyve sularının konsantre edilmesi ve depolama sırasında oluşabilmektedir (Karaca, 2011). Evaporasyon işlemleri sonrasında HMF içeriğinin konsantre vişne suyunda 178,09- 11,61 mg/L arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 4.1).



Farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.1. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanan %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin HMF değerindeki değişim

Bu tez çalışmasında, uygulanan yöntemlerin HMF oluşumu üzerindeki etkileri incelendiğinde, en düşük HMF miktarı artışının mikrodalga vakum evaporasyon işleminin yüksek basıncında (0,06 MPa) elde edildiği fakat en yüksek HMF değerinin ise 0,02 MPa işleminde saptandığı görülmüştür. Ayrıca istatistiksel olarak 0,02 MPa ile 0,06 MPa arasında önemli bir fark tespit edilmiştir (p<0,05) (Şekil 4.1). 0,06 MPa ile döner evaporasyon arasında önemli bir fark bulunmamıştır (p≥0,05). 0,02 MPa'da uygulanan mikrodalga vakum evaporasyonda işlem süresinin daha uzun olmasının HMF oluşumunu da arttırdığı düşünülmektedir. Mikrodalga vakum evaporasyon işlemi sırasında basınç arttıkça HMF oluşumunun azaltılabildiği tespit edilmiştir.

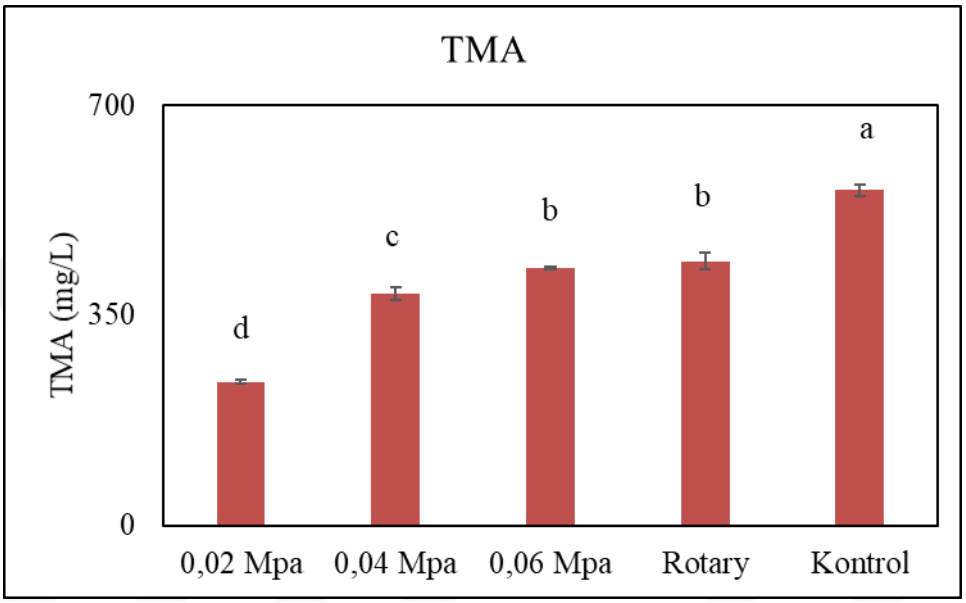
Literatürdeki çalışmalarda ticari %100 nar suyu örneklerinde HMF değerinin 5,49 ile 27,39 mg/L aralığında olduğu rapor edilmiştir (Benli-Tüfekçi ve Fenercioğlu, 2010). Geleneksel olarak işlem görmüş meyve sularının endüstriyel olarak üretilenlere oranla daha yüksek HMF içeriğine sahip olduğu ve bunun nedeninin daha yüksek sıcaklıkta daha uzun süren ısıl işlemlerden doğabileceği bildirilmiştir (Burdurlu vd., 2006). Karaca (2011), nar suyu konsantresi üretim aşamalarında HMF oluşumunu değerlendirdiği tez çalışmasında; ısıl işlem olmayan aşamalarda HMF tespit edilmediğini, ancak pastörizasyon ile birlikte 0,56 mg/L HMF oluştuğunu gözlemlemiştir. Aynı çalışmada en yüksek HMF içeriği Kieselgur filtrasyon aşamasında 0,80±0,11 mg/L olarak bulunmuş ve konsantrasyon sırasında nar sularındaki HMF miktarının yaklaşık %92 oranında arttığı belirtilmiştir.

Erceyes (2014), 3 farklı yöreye ait vişneden elde edilen meyve sularının konsantrasyonu sonucunda HMF oluşmadığını ancak depolama süresince ikinci ve dördüncü ayda HMF miktarında ciddi artışlar olduğu (16 ppm), altıncı ayda HMF miktarının azaldığını, sekizinci aydan itibaren ise tekrar artış gözlemlediğini rapor etmiştir. Wang vd., (2006) farklı SÇKM içeriklerine sahip 20, 40 ve 60 Briks) havuç suyunun HMF içeriği üzerine sıcaklık (-18, 0, 25 ve 37°C) ve depolama süresinin (150 gün) etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak yüksek sıcaklıklarda depolama süresinin ve SÇKM içeriğinin HMF miktarında artışa neden olduğunu (p<0.01) rapor etmişlerdir. Bozkır ve Baysal (2017) 82 °C 3 farklı yöntem (mikrodalga vakum, yükselen film evaporatör ve döner evaporatör) ile elma suyunu %65 Briks'e kadar konsantre etmişler ve sonuç olarak ham maddeye oranla HMF miktarında artış olduğu ve en düşük HMF miktarının vakum mikrodalga evaporasyon işlemi ile elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Avrupa Meyve Suyu Konfederasyonuna göre meyve suyu konsantrelerinde 20 mg/kg'dan fazla HMF bulunması uygulanan ısıl işlem düzeyinin fazlalığını göstermektedir (AIJN, 2017). Mikrodalga vakum evaporasyon işleminin yüksek basıncı (0,06 MPa) ve döner evaporasyon işlemiyle elde edilen konsantre vişne sularında oluşan HMF miktarının konsantre ürünlerde izin verilen limitler altında olduğu tespit edilmiştir. 0,02 MPa ve 0,04 MPa da uygulanan işlemler sonucunda elde edilen konsantre vişne sularında HMF miktarının konsantre ürünlerde izin verilen limitin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

4.2.4 Toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriği üzerine etkisi

Bu tez çalışmasında, toplam monomerik antosiyanin içeriği pH diferansiyel metodu kullanılarak belirlenmiştir. Evaporasyon öncesi ham madde vişne suyunun TMA içeriği siyanidin-3-glikozid cinsinden 558,58 mg/L olarak tespit edilmiştir. Evaporasyon işlemleri sonrasında örneklerde belirlenen TMA içeriği Şekil 4.2' de gösterilmektedir.



Farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.2. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TMA içeriğindeki değişim

Sonuçlar incelendiğinde uygulanan evaporasyon işlemleri ile ham maddeden farklı TMA değerine sahip vişne suyu konsantrelerinin elde edildiği tespit edilmiştir. TMA içeriği mg/L örnek bazında incelendiğinde, evaporasyon işlemleri sonrasında 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa mikrodalga vakum ve döner evaporasyon işlemleri için sırasıyla 239,21, 387,00, 429,58 ve 440,43 mg/L konsantre vişne suyu düzeyine çıktığı belirlenmiştir.

Mikrodalga vakum ve döner evaporasyon uygulamalarını karşılaştırdığımızda, 0,02 ve 0,04 MPa ile döner evaporasyon işlemi arasında önemli bir fark bulunmuştur (p<0,05). 0,06 MPa ve döner evaporasyon işlemini kıyasladığımızda ise birbirleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır (p≥0,05). Mikrodalga vakum evaporasyon işlemleri kendi içinde

karşılaştırıldığında, düşük basıncın yüksek basınca kıyasla antosiyanin miktarı üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, basınçtaki artışın evaporasyon süresini kısaltması ve dolasıyla vişne suyunun daha kısa süre evaporasyon işlemine maruz kalması nedeniyle TMA içeriğinin değişmediği şeklinde açıklanabilir. Özellikle antosiyanin maddelerin değişiminde proseslerde uygulanan sıcaklığın yanında işlem süresinin de önemli olduğu belirtilmiştir (Toydemir ve Boyacıoğlu, 2012).

Özellikle vişne suyu antosiyanince zengin olması sebebiyle birçok araştırmacı tarafından incelenen bir meyve suyu örneğidir. Damar ve Ekşi (2012), Türkiye'de yetişen 11 farklı vişne çeşidinden üretilen meyve sularında, toplam antosiyanin içeriğini pH diferansiyel metodu ile belirlemişler ve 350,0–633,5 mg/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Antosiyanin içeriğinin büyük kısmını siyanidin-3-glikorutinositin oluşturduğunu bunu takip edenlerin sırasıyla siyanidin-3-glikozil rutinosit, siyanidin-3-soforisid ve siyanidin-3-glikozit olduğunu gözlemlemiştir. Türkiye'de yapılan diğer bir çalışmada ise 3 farklı bölgeden temin edilen vişne örneklerinin presleme sonrası TMA miktarının 143,07-226,81 mg/L arasında olduğu tespit edilmiştir (Erceyes, 2014).

Kim vd., (2005), 4 farklı vişne suyunda toplam antosiyanin içeriğinin pH diferansiyel metodu ile siyanidin 3-glikozit cinsinden 49,1-109,2 mg/100 g olduğunu tespit etmişlerdir. Bonerz vd., (2007), 5 farklı vişne suyunda antosiyanin içeriğinin 569-858 mg/L arasında değiştiği tespit ederek, 6 adet antosiyanin tanımlandığını belirtmişlerdir. Tanımlanan antosiyaninlerin; siyanidin-3-(2glikozil rutinosit), siyanidin-3-(2G-ksilozil rutinosit), siyanidin-3-soforozit, siyanidin-3-glikozit, siyanidin-3-rutinosit ve peonidin-3-rutinosit olduğu rapor edilmiştir. HPLC ölçümleri sonucunda antosiyanin içeriğinin %80'inin siyanidin-3-(2glikozit rutinosit) ve siyanidin-3-rutinosit'den oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

Kirakosyan vd., (2009), toplam antosiyanin içeriğini pH diferansiyel yöntemi ile vis max değerini 510 nm kullanarak belirlemiştir. Konsantre örneğin toplam antosiyanin içeriğinin siyanidin-3-glikozit eşdeğeri cinsinden 213-722 µg/g KM olduğu ve yapılan analizler sonucunda sırasıyla en fazladan en aza doğru antosiyanin maddenin; siyanidin-3- glikozil rutinozit, siyanidin-3- glikozil rutinozit, siyanidin, soforozit ve peonidin 3-glikozitten oluştuğu belirtilmiştir.

Görüldüğü üzere TMA içeriği açısından literatürde benzer sonuçlar yer alsa da farklı TMA içeriklerine sahip sonuçlar da olduğu ve literatürde özellikle ham madde bileşiminde yer alan biyoaktif bileşiklere yetişme koşulları, yöre, çeşit ve hasat dönemi ile diğer çevresel koşulların etki ettiği rapor edilmiştir (Ağaoğlu vd., 1995).

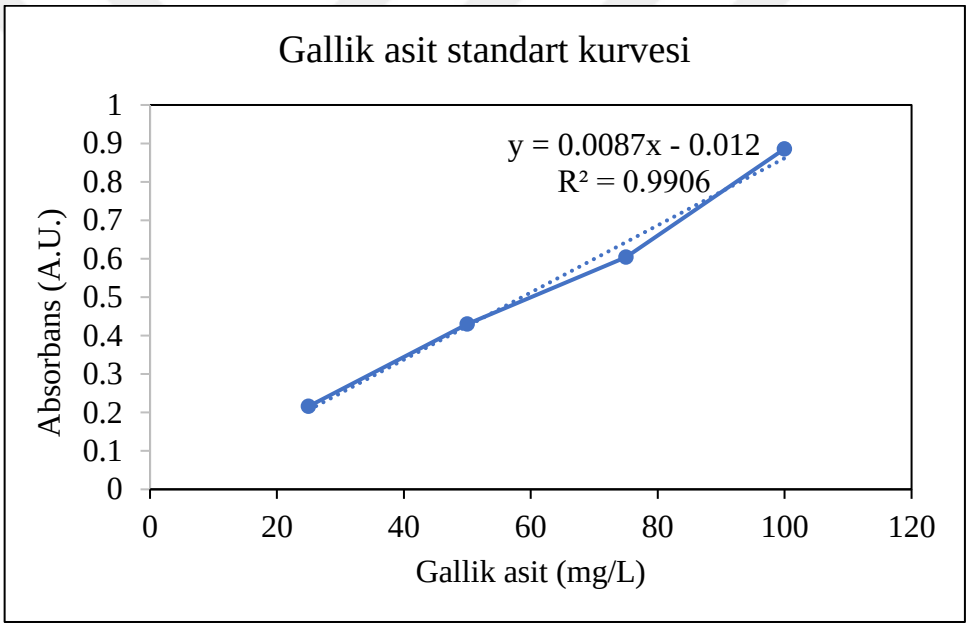
Tez çalışmasında bulunan sonuçlar incelendiğinde uygulanan konsantrasyon işlemi ile azalmalar olduğu saptanmıştır. Bu durum, daha önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi (Rossi vd., 2003), antosiyanin ve proantosiyanidin içeren fenolik bileşenlerin gıdaların işlenmesi sırasında stabil olmamaları, sıcaklık artışı, enzim aktivitesi vb. gibi fiziksel ve biyolojik faktörlerin antioksidanların yapısının bozulmasına sebep olmaları şeklinde açıklanmaktadır. İşleme sırasında fenoliklerin form değiştirmesiyle sarımsı ve kahverengimsi pigmentler oluşabilir (Clifford, 2000). Antosiyaninlerin stabilitesi için dengede olduğu ortamın korunması önemlidir. Suyun evaporasyon hızı suda çözünür antosiyanin pigmentlerini etkileyebilmektedir. Fenolik bileşikler bitkisel dokularda bulunan glikosidazlar, peroksidazlar ve polifenoloksidazlar tarafından degrade edilebilmektedir. Glikozidazlar antosiyanidinleri ve şekerleri üretirler. Oluşan antosiyanidinler oldukça kararsızdır ve çabuk bozunmalar meydana gelebilmektedir (Nayak vd., 2015).

Tez çalışmasında bulunan sonuçlara benzer olarak, literatürde yer alan bir çalışmada (Erceyes, 2014), 3 farklı bölgeden elde edilen vişne suyu örneklerinin konsantrasyonu sonucunda 3 etkili evaporatör kullanılmış, konsantrasyon sonucunda tüm bölgelerden elde edilen TMA içeriğinde azalma olduğu tespit edilmiştir. 3 etkili evaporatörde başlangıç sıcaklığı 55-60 °C verilirken artan sıcaklık değerleri çalışmada belirtilmemiştir.

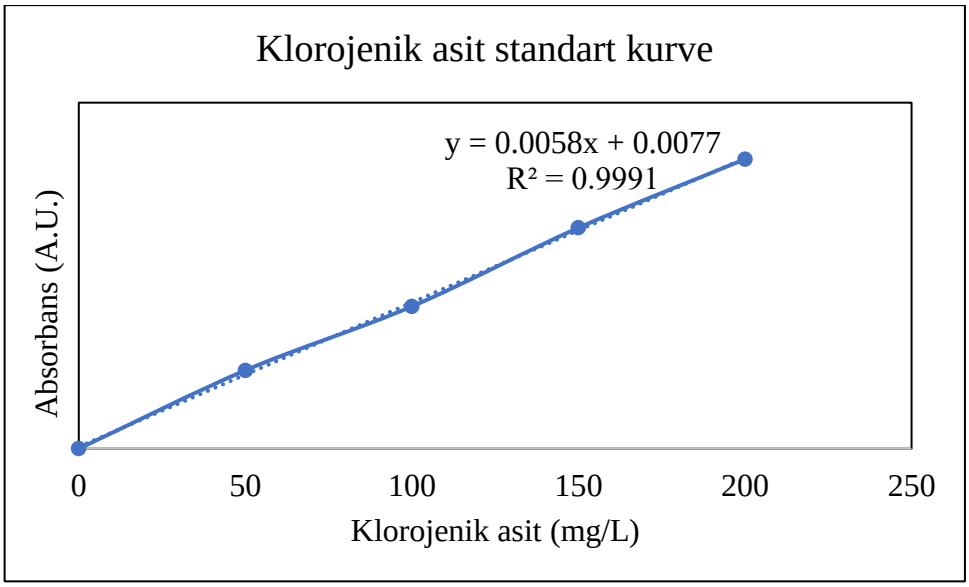
Sonuç olarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantresinin TMA içerikleri açısından uygulanan evaporasyon yönteminin etkisinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Döner evaporasyon ve mikrodalga vakum evaporasyon yöntemleri (0,06 MPa) ile elde edilen konsantrelerin TMA içeriğinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga vakum evaporasyon işleminin döner evaporasyon sistemine entegre edilerek döner evaporasyon işlemine alternatif bir yöntem olarak uygulanabileceği düşünülmektedir.

4.2.5 Toplam fenolik madde (TFM) üzerine etkileri

Vişne suyunda fenolik maddeler bakımından zengin, yüksek antosiyanin maddeler (siyanidin-glikozil-rutinosit, siyanidin glikozit, siyanidin rutinosit) hidrosinamik asitler (neoklorojenik asit, klorojenik asit, kumarik asit) ve flavonoidler (kuersetin, kamferol ve izohamnetin glikositler) fenolik madde türevleri olarak bulunmaktadır (Sabancı, 2017). Toplam fenolik madde miktarı sonuçların literatür ile kıyaslanabilmesi için hem gallik asit cinsinden hem de vişne de hakim fenolik bileşik olduğu için klorojenik asit cinsinden belirlenmiştir. Bu amaçla toplam fenolik madde hesaplamasında kullanılan gallik asit standart kurvesi Şekil 4.3'te, klorojenik asit standart kurvesi ise Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

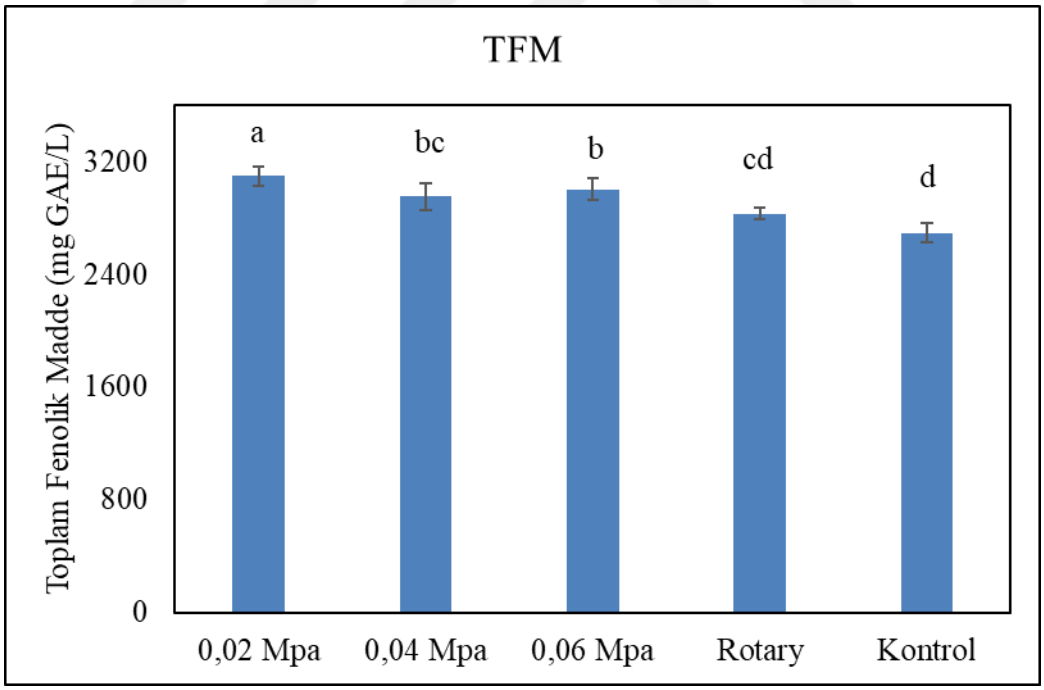


Şekil 4.3. Gallik asit standart kurvesi



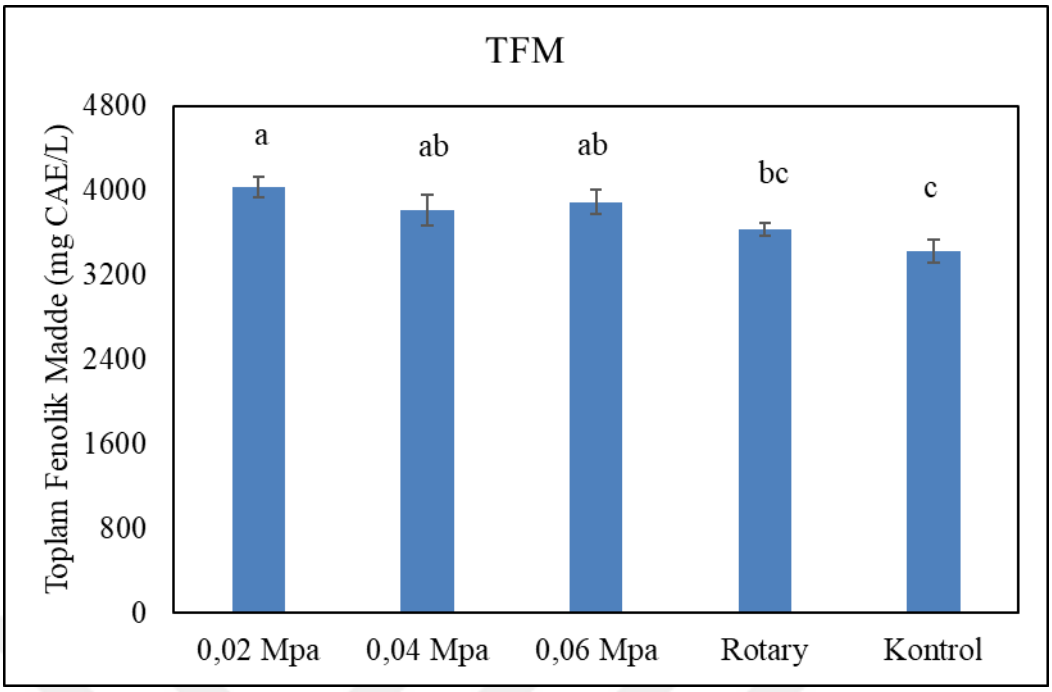
Şekil 4.4. Klorojenik asit standart kurvesi

Kalibrasyon kurvelerine göre örneklerde hesaplanan gallik asit eşdeğeri TFM miktarı Şekil 4.5 ve klorojenik asit eşdeğeri TFM Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



Farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.5. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TFM (mg GAE/L) içeriğindeki değişim



Farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.6. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TFM (mg CAE/L) içeriğindeki değişim

Vakumlu mikrodalga evaporasyon işlemi sonucunda elde edilen %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TFM madde miktarlarının ham madde içeriğinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Örnek bazında kıyaslandığında, konsantre örneğin TFM içeriğinin ham maddeye göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5). 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa basınç uygulaması sonucunda elde edilen TFM içeriğinin sırasıyla 3098,85, 2951,72 ve 3004,60 mg GAE/L olduğu, döner evaporasyon işlemi sonucunda elde edilen %65 SÇKM içeriğine sahip konsantre vişne suyunun ise 2832,18 mg GAE/L TFM içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5).

Bu tez çalışmasında, vişne suyunun TFM içeriği 2694,25 mg GAE/L olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5). Damar ve Ekşi (2012), Türkiye' de farklı bölgelerden temin edilen 11 adet vişne suyunda yaptıkları çalışmada toplam polifenolik madde miktarının 1510-2550 mg/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Chaovanalikit ve Wrolstad (2004), taze vişne meyvesinde fenolik madde miktarının gallik asit eş değeri cinsinden 3,01 mg/ g taze ağırlıkta olduğunu belirlemişlerdir. Dış kısmında bulunan ince kabuk parçasının ise toplam fenolik madde miktarının gallik asit

eş değeri cinsinden 5,58 mg/g taze ağırlık olduğunu rapor etmişlerdir. Çekirdek kısmının ise TFM değerinin gallik asit eşdeğeri cinsinden 1,57 mg/g taze ağırlık olduğu belirlemişlerdir. Sonuç olarak, bütün bir vişne örneğinin en yüksek TFM miktarının dış zarında olduğu bu çalışmayla ortaya konulmuştur. Zoric vd., (2017), vişne suyunun toplam fenolik madde miktarının büyük bir kısmının antosiyaninlerden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Yine benzer bir çalışmada, Kim vd., (2005), vişne suyundaki toplam fenolik madde miktarının gallik asit eş değeri cinsinden 146,1-312,4 mg/100 g olduğunu rapor etmişlerdir. Baskın fenolik madde antosiyaninler olarak belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında kontrol örneğinin TFM içeriğinin literatürde belirtilen değerler ile benzerlik gösterdiği söylenebilmektedir.

Konsantrasyon işleminin TFM içeriğini koruduğu söylenebilmektedir. Döner evaporasyon ve mikrodalga vakum evaporasyon ile elde edilen vişne suyu konsantrelerinin TFM içeriğinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Özellikle mikrodalga evaporasyon yöntemi uygulanarak elde edilen vişne suyu konsantrelerinin TFM içeriğinin döner evaporasyon ile elde edilen vişne suyuna kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir (p<0.05).

Benzer şekilde, Damar (2010), farklı bölgelerden elde edilen vişne suyu örneğinin 45 °C'de döner evaporatörde konsantrasyon işlemi sonucunda TFM miktarında artış olduğunu vurgulamıştır. Erceyes (2014), 3 farklı bölgeden elde edilen vişne suyu örneklerinin presleme sonrası TFM içeriklerinin 790,36-855 mg/L arasında değiştiğini ve 3 etkili bir evaporatör ile konsantrasyon sonucu tekrar dilüsyon edilerek TFM içeriğinde %11,27-2,34 arasında azalma olduğunu vurgulamıştır. Özellikle vişne suyunun birtakım işlemlere maruz kaldıktan sonra bölgelere göre meydana gelebilecek TFM içeriğinde farklılık olabileceğini ortaya çıkarmıştır (Erceyes, 2014).

Literatürde özellikle yeni teknolojilerin uygulanmasıyla TFM miktarının daha iyi korunduğuna yönelik sonuçların elde edildiği çalışmalar da yer almaktadır. Bozkır ve Baysal (2017), mikrodalga vakum, döner evaporatör ve yükselen film evaporatör ile elma suyunu 82 °C'de %65 SÇKM içeriğine kadar konsantre etmiş ve TFM miktarının mikrodalga vakum evaporasyon işlemi ile daha iyi korunduğunu belirtmiştir. Yine benzer teknoloji ile yapılan bir çalışmada Hojjatpanah vd., (2011), dut suyunu mikrodalga ve döner evaporatör ile 42 Briks'e kadar 3 farklı basınç altında (100, 38,5, ve 7,3 kPa)

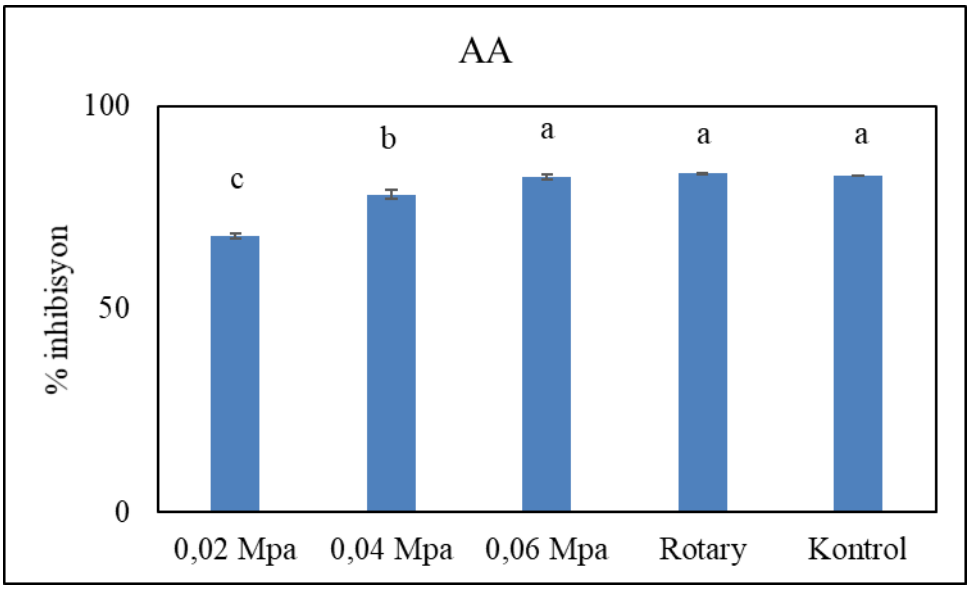
konsantrasyon işlemine tabi tutmuş ve mikrodalga evaporasyon işlemi ile toplam fenolik madde miktarının daha iyi korunduğunu belirtmiştir. Bulunan sonuçlar literatür ile uyumludur.

4.2.6 DPPH Yöntemiyle Antioksidan aktivite üzerine etkisi

Vişne suyu özellikle antioksidan aktivite olarak içinde bulundurduğu polifenollerle güçlü bir antioksidan olarak dikkat çekmektedir. Vişne suyunda bulunan antioksidan kapasitesi, uygulanan antioksidan aktivite belirleme yöntemine göre farklı birimlerle ifade edilmektedir. Bu tez çalışmasında antioksidan kapasite % inhibisyon değeri üzerinden belirlenmiştir. % inhibisyon değeri arttıkça antioksidan kapasite artmaktadır. Evaporasyon öncesi vişne suyunun antioksidan kapasitesi DPPH inhibisyonu cinsinden %82,79 olarak tespit edilmiştir.

Erceyes (2014), Türkiye'de 3 farklı bölgede yetişen vişne örneklerinden elde edilen konsantre ürünlerin dilüsyon edilerek değerlendirilmeleri sonucunda AA değerinin genellikle azaldığını tespit etmiştir. Bonerz vd., (2007), özellikle Avrupa'da yetişen 5 farklı vişneye uygulanan bazı işlemler sonrası AA değerindeki değişimi incelemişlerdir. Yüksek polifenol içeriğinin, AA değerinin yüksek olmasına sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Ucan Turkmen vd., (2019), açık kazanda ve vakum altında elde edilen vişne ekşilerinin antioksidan aktivitelerinin (% inhibisyon) %73,50 ile 80,91 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Borowy vd., (2018), 3 farklı vişne çeşidinin antioksidan aktivitelerini 85,2 ile 85,4 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine konsantre edilen vişne sularının AA içerikleri Şekil 4.7'de verilmiştir. Buna göre 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa basınç uygulaması sonucunda elde edilen inhibisyon değeri sırasıyla %67,99, %78,24 ve %82,52 olarak belirlenirken, döner evaporasyon işlemi sonucunda elde edilen vişne suyunun ise inhibisyon değeri %83,32 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 0,06 MPa basınç uygulanan mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemi ile elde edilen vişne suyu konsantrelerinin antioksidan aktivitelerinin kontrol örneğine benzer olduğu tespit edilmiştir ($p \geq 0,05$).



Farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.7. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri ile elde edilen vişne suyu konsantrelerinin AA değerleri

Benzer şekilde vakum altında evaporasyon işleminin vişne suyunun antioksidan aktivitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Ucan Turkmen vd., 2019). Yapılan bir çalışmada, evaporasyon öncesi ve sonrasında antioksidan kapasite değerleri incelenmiş ve konsantrasyon sonrası AA değerinin arttığı belirlenmiştir (Damar, 2010). Orak (2009), nar ekşisinin antioksidan aktivitesinin (%85,91) nar suyuna (%79,06) göre daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Karaca (2011), yaptığı çalışmada preslenmiş nar suyunun antioksidan aktivitesini %84 düzeyinde, evaporasyon sonrası nar suyu konsantresinin antioksidan aktivitesini ise %86 düzeyinde bulduğunu bildirmiştir.

Özellikle yüksek sıcaklıklarda (90-120°C), karamelizasyon (indirgen şekerler ile askorbik asit arasında), esterlerin ve glikozitlerin hidrolizine ek olarak fenolik antioksidanların kinonlara ve polimerlerine kimyasal oksidasyonu da gerçekleşmektedir (Nayak vd., 2015). Uzun süreli ısıl işlemlerde (100°C'de 22-28 dak) toplam fenolik madde içeriğinin ve antioksidan kapasitenin yaklaşık %50 oranında artış gösterebileceği belirtilmektedir (Sablani vd., 2010). Gıdalarda doğal olarak bulunan antioksidan içeriğinin ısıl işlem sonunda önemli düzeyde azaldığının belirlenmesine karşın, işlem neticesinde toplam antioksidan kapasitenin arttığı veya korunduğu da görülebilmektedir. Bunun ısıl işlem sonucunda potansiyel olarak yüksek antioksidan kapasitesine sahip yeni bileşiklerin oluşmasından meydana gelebileceği ifade edilmektedir (Nicoli vd., 1999).

Kısa süreli ısıl işlemlerde antioksidan kapasitesinin azaldığı ancak uzun süreli ısıl işlem sonucunda bu özelliğin geri kazanıldığı belirtilmektedir. Özellikle yüksek molekül ağırlıklı kahverengi renkli Maillard reaksiyonu bileşenlerinin pro-oksidan özellik taşıdığı belirtilmektedir (Nayak vd., 2015). Diğer yandan, ısıl işlem gören meyvelerde oluşan bazı reaksiyonlarda askorbik asit ve polifenollerin reaktant olarak kullanılması sebebiyle antioksidan bileşenlerin azalacağı belirtilmektedir (Kaanane vd., 1988).

Fazaeli vd., (2013b) nar suyunun 42 Briks'e konsantre edilmesinde mikrodalga desteği ve döner tip evaporatör ile evaporasyon yöntemlerini karşılaştırmıştır. Çalışmada evaporasyon işlemi her iki yöntemde de 7,3, 38,5 ve 100 kPa basınç altında gerçekleştirilmiş ve mikrodalga uygulamasının geleneksel ısıtma yöntemine göre antioksidan özelliklerini daha iyi koruduğu bildirilmiştir.

Evaporasyon işlemlerinin antioksidan aktiviteyi korumak anlamında etkili olduğu gözlenmiş ve bulunan sonuçların literatür ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

4.2.7. HPLC ile fenolik bileşen üzerine etkisi

Vişne suyu ve konsantre vişne sularında fenolik madde bileşenleri olarak klorojenik asit, epikateşin, p-kumarik asit, rutin ve kateşin tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında ham madde olan vişne ve iki farklı yöntemle elde edilen vişne sularının fenolik madde içeriklerindeki değişim Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 3. Mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri uygulanarak %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin ve ham maddenin HPLC ile fenolik bileşik profili

	Ham madde	Döner Evaporasyon	Mikrodalga		
			0,02 MPa	0,04 MPa	0,06 MPa
Klorojenik asit (mg/L)	4,45±0,005^{b}	5,20±0,1^{a}	4,05±0,05^{d}	4,20±0,05^{cd}	4,25±0,05^{c}
Epikateşin (mg/L)	11,90±0,05^{a}	10,90±0,1^{b}	6,85±0,05^{d}	8,75±0,05^{c}	8,80±0,1^{c}
p-kumarik asit (mg/L)	*	0,095±0,005	*	*	*
Rutin (mg/L)	*	*	*	0,40±0,05^{b}	0,50±0,05^{a}
Kateşin (mg/L)	*	*	*	*	*

Aynı satırda farklı harfler (a, b, c…), değerler arasında önemli bir fark ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir.
* Tespit edilemedi

Ham madde örneğine ait klorojenik asit miktarı 4,45 mg/L olarak belirlenmiştir. Mikrodalga vakum evaporasyon yöntemi ile 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa basınç uygulaması sonucunda elde edilen konsantre vişne sularının klorojenik asit değerleri sırasıyla 4,05, 4,20 ve 4,25 mg/L'dir. Döner evaporasyon ile elde edilen konsantre vişne sularının klorojenik asit değeri 5,20 mg/L'dir. En yüksek değer döner evaporasyonda bulunmuştur. Ham madde örneğine ait epikateşin miktarı 11,90 mg/L'dir. Mikrodalga vakum evaporasyon yöntemi ile 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa basınç uygulaması sonucunda elde edilen konsantre vişne sularının epikateşin değerleri sırasıyla 6,85, 8,75 ve 8,80 mg/L'dir. Döner evaporasyon ile elde edilen konsantre vişne sularının epikateşin değeri 10,90 mg/L'dir. En yüksek değer ham madde de bulunmuştur. Mikrodalga vakum evaporasyonun 0,04 MPa ile 0,06 MPa basınç uygulamasından elde edilen konsantre vişne suları fenolik bileşik açısından benzerdir. p-kumarik asit sadece döner evaporasyonda bulunmuştur. Rutin ise mikrodalga vakum yönteminin 0,04 MPa ve 0,06 MPa basınç uygulamalarında bulunmuştur.

BÖLÜM V

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemleri kullanılarak üretilen vişne suyu konsantrelerinin kalite kriterleri incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında; döner evaporasyon için mikrodalga vakum evaporasyon işleminde ön denemeler ile belirlenen sıcaklık ve basınç koşulları aynı şekilde uygulanmıştır. Sonuçlara bakıldığında konsantrasyon öncesi temin edilen ham madde vişne suyunun % SÇKM içeriği açısından literatür ile paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Yapılan değerlendirme sonucunda hem mikrodalga vakum evaporasyon hem de döner evaporasyon işlemlerinde benzer toplam kuru madde içeriğine sahip konsantre vişne suyu elde edildiği belirlenmiştir.

Konsantre işleminden önce vişne suyunun pH değeri 3,14'tür. Konsantre olan vişne suyunda 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa sırasıyla pH değerleri 2,98, 2,88 ve 2,91 olarak tespit edilmiştir. Döner evaporasyon ile elde edilen vişne suyu konsantresinin pH'sı ise 2,90'dır. Çalışmada kullanılan vişne suyu ve konsantre örneklerine ait pH değerlerinin, daha önce yapılan çalışmalarda bulunan değerlerle uyum gösterdiği belirlenmiştir.

Konsantre işleminden önce vişne suyunun titrasyon asitliği 1,60 g/100 mL'dir. Konsantre olan vişne suyunda 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa için sırasıyla titrasyon asitliği değerleri 7,44, 6,96 ve 7,19 g/100 mL olarak tespit edilmiştir. Döner evaporasyonun titrasyon asitliği ise 7,97 g/100 mL'dir. Bu tez çalışmasında, benzer çalışmalarda olduğu gibi, konsantrasyon sonucunda pH değerlerinin azaldığı (p<0,05) konsantrasyon değerine bağlı olarak asitlik değerlerinin arttığı (p<0,05) tespit edilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında vişne suyunun 0,02 MPa, 0,04 MPa ve 0,06 MPa mikrodalga vakum ve döner evaporasyon işlemlerinde L*, a* ve b* değerlerinin azaldığı (p<0,05) gözlemlenmiştir. Kroma değeri (C*) ürünün renklilik indeksi olarak tanımlanabilmektedir. Kroma değeri ise hem mikrodalga vakum evaporasyonda hem de döner evaporasyonda birbirine yakın bulunmuştur. Böylece renklerin parlaklığının benzer olduğu tespit edilmiştir. Hue açısı (h) değerleri incelendiğinde, mikrodalga vakum yöntemi (0,06 MPa) ile elde edilen konsantrenin ham madde ile benzer renge sahip

olduğu tespit edilmiştir. Ham madde ısıl işlem görmediğinden dolayı renk değişimi minimum düzeydedir. Isıl işlem gören konsantrelerde ise kayıplar meydana gelmiştir. Mikrodalga vakumlu evaporasyon döner evaporasyona kıyasla daha az kayıp vermiştir. İşlemlere bakıldığında en az kayıp 0,06 MPa mikrodalga vakum evaporasyon yönteminde gözlenmiştir. Genel olarak renk değerlerindeki değişimin asıl nedeninin literatürdeki bilgiler ışığında TMA ve TFM degredasyonu olduğu düşünülmektedir. Mikrodalga vakum evaporasyon işleminin renk kalitesini koruması açısından döner evaporasyon işlemine alternatif olabileceği öngörülmektedir.

Mikrodalga vakum evaporasyon işleminin yüksek basıncı (0,06 MPa) ve döner evaporasyon işlemiyle elde edilen konsantre vişne sularında oluşan HMF miktarının konsantre ürünlerde izin verilen limitler altında olduğu tespit edilmiştir. 0,02 MPa ve 0,04 MPa da uygulanan işlemler sonucunda elde edilen konsantre vişne sularında HMF miktarının konsantre ürünlerde izin verilen limitin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Mikrodalga vakum evaporasyon işlemi sonucunda elde edilen %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TMA içeriklerini karşılaştırdığımızda, 0,02 ve 0,04 MPa ile döner evaporasyon işlemi arasında önemli bir fark bulunmuştur (p<0,05). 0,06 MPa ve döner evaporasyon işlemini kıyasladığımızda ise birbirleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır (p≥0,05). Mikrodalga vakum evaporasyon işlemlerini kendi içinde karşılaştırıldığında, düşük basıncın yüksek basınca kıyasla antosiyanin miktarı üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, basınçtaki artışın evaporasyon süresini kısaltması ve dolasıyla vişne suyunun daha kısa süre evaporasyon işlemine maruz kalması nedeniyle TMA içeriğinin değişmediği şeklinde açıklanabilir.

Mikrodalga vakum evaporasyon işlemi sonucunda elde edilen %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin TFM madde miktarlarının ham madde içeriğinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Örnek bazında kıyaslandığında, konsantre örneğin TFM içeriğinin ham maddeye göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Mikrodalga vakum evaporasyon işlemi sonucunda elde edilen %65 SÇKM içeriğine sahip vişne suyu konsantrelerinin AA madde miktaları incelendiğinde 0,06 MPa basınç uygulanan mikrodalga vakum evaporasyon ve döner evaporasyon işlemi ile elde edilen

vişne suyu konsantrelerinin antioksidan aktivitelerinin kontrol örneğine benzer olduğu tespit edilmiştir ($p \geq 0,05$).

Ham madde örneğine ait klorojenik asit miktarı 4,45 mg/L olarak belirlenmiştir. Mikrodalga vakum evaporasyon yöntemi ile 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa basınç uygulaması sonucunda elde edilen konsantre vişne sularının klorojenik asit değerleri sırasıyla 4,05, 4,20 ve 4,25 mg/L'dir. Döner evaporasyon ile elde edilen konsantre vişne sularının klorojenik asit değeri 5,20 mg/L'dir. En yüksek değer döner evaporasyonda bulunmuştur. Ham madde örneğine ait epikateşin miktarı 11,90 mg/L'dir. Mikrodalga vakum evaporasyon yöntemi ile 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa basınç uygulaması sonucunda elde edilen konsantre vişne sularının epikateşin değerleri sırasıyla 6,85, 8,75 ve 8,80 mg/L'dir. Döner evaporasyon ile elde edilen konsantre vişne sularının epikateşin değeri 10,90 mg/L'dir. En yüksek değer ham madde de bulunmuştur. Mikrodalga vakum evaporasyonun 0,04 MPa ile 0,06 MPa basınç uygulamasından elde edilen konsantre vişne suları fenolik bileşik açısından benzerdir. p-kumarik asit sadece döner evaporasyonda bulunmuştur. Rutin ise mikrodalga vakum yönteminin 0,04 MPa ve 0,06 MPa basınç uygulamalarında bulunmuştur.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar dikkate alındığında mikrodalga vakum evaporasyon ile konsantre edilen vişne sularının kalite özelliklerinin döner evaporasyonda konsantre edilen vişne sularının özelliklerine oranla daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Konsantre meyve suyu üretiminde mikrodalga vakum evaporatörün kullanımı ileride yapılabilecek meyve sularının konsantrasyon işlemlerinde yol gösterici olacağı ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

Ağaoğlu, S., Çelik, H., Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., Halloran, N., Köksal, A.İ. ve Yanmaz, R., Genel bahçe bitkileri, No:4, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, ***Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları***, Bahçe bitkileri bölümü, Ankara, 1995.

AIJN, European Fruit Juice Association, "Fruit juice matters 2017 report" http://viewer.zmags.com/publication/49404127#/49404127/1 (Erişim tarihi: 08.07.2017)

Al-Harahsheh, M. and Kingman, S.W., "Microwawe-assisted leaching a review", ***Hydrometallurgy*** 73, 189-203, 2004.

Alighourchi, H. and Barzegar, M., "Some physicochemical characteristics and degradation kinetic of anthocynanin of reconstituted pomegranate juice during storage", ***Journal of Food Engineering*** 90, 179-185, 2009.

Alves, V. D. and Coelhoso, I. M., "Orange juice concentration by osmotic evaporation vemembrane distillation: A comparative study", ***Journal of Food Engineering*** 74(1), 125-133, 2006.

AOAC, Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed., ***Association of Official Analytical Chemists Arlington***, VA, USA, 1990.

Assawarachan, R. and Noomhorm, A., "Effect of operating condition on the kinetic of color change of concentrated pineapple juice by microwave vacuum evaporation", ***Journal of Food, Agriculture & Environment*** 6(3,4), 47-53, 2008.

Assawarachan, R. and Noomhorm, A., "Change in color and rheological behavior of pineapple concentrate through various evaporation methods", ***International Journal of Agricultural ve Biological Engineering*** 3(1), 1-11, 2010.

Assawarachan, R. and Noomhorm, A., "Mathematical models for vacuum-microwave concentration behavior of pineapple juice", ***Journal of Food Process Engineering*** 34, 1485-1505, 2011.

Assawarachan, R. and Noomhorm, A., "Influence of temperature and tss on performance of evaporation and rheological properties of pineapple concentration by microwave vacuum", ***Journal of Food Process Engineering*** 35, 455-470, 2012.

Aydınlı, K., Türkiye'de farklı yörelerde yetişen vişne meyve ekstraktlarında polifenol kapasitesi ve antosiyanin profilinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ***İ.T.Ü. Fen Bilimleri Üniversitesi,*** İstanbul, s. 3-5, 2018.

Banik, S., Bveyopadhyay, S. and Ganguly, S., "Bioeffects of microwave a brief review", ***Bioresource Technology*** 87, 155-159, 2003.

Bates, R. P., Morris, J. R. and Crveall, P. G., Principles ve practices of small and mediumscale fruit juice processing, No:146, ***Food ve Agriculture Organisation of the United Nations,*** 2001.

Baysal, A. H. ve Icier, F., **"**Inactivation kinetics of Alicyclobacillus acidoterrestris spores inorange juice by ohmic heating: effects of voltage gradient and temperature on inactivation", ***Journal of Food Protection*** 73(2), 299-304, 2010.

Baysal, T., İçier, F. ve Baysal A.H., Güncel Isıtma Yöntemleri, (1.Basım), ***Sidas Yayınları,*** İzmir, 2011.

Baysal, T., ve İçier, F., Gıda Mühendisliğine Giriş, (1. Basım), ***Nobel yayın evi***, İstanbul, 2015.

Belibağli, K.B. and Dalgic, A.C., "Rheological properties of sour-cherry juice and concentrate", ***International Journal of Food Science ve Technology*** 42, 773–776, 2007.

Benli-Tüfekçi, H. ve Fenercioğlu, H., "Türkiye'de üretilen bazı ticari meyve sularının kimyasal özellikler açısından gıda mevzuatına uygunluğu", ***Akademik Gıda*** 8(2), 11-17, 2010.

Blois, M.S., "Antioxidant determinations by the use of a stable free radical", ***Nature,*** 181, 1199-1200, 1958.

Bonerz, D., Würth, K., Dietrich, H. and Will, F., "Analytical characterization ve the impact of ageing on anthocyanin composition ve degradation in juices from five sour cherry cultivars", ***Europen Food Research Technology*** 224, 355–364, 2007.

Borowy, A., Chrzanowska, E. and Kapłan, M., "Comparison of three sour cherry cultivars grown in Central-Eastern Poland", ***Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*** 17(1), 63–73, 2018.

Bozkır, H. and Baysal, T., "Concentration of apple juice using a vacuum microwave evaporator as a novel technique: Determination of quality characteristics", ***Journal of Food Process Engineering*** 40, 2535, 2017.

Brewer, M., Microwave processing, Nutritional and sensory quality, In: Schubert H, Regierm, Editors, The Microwave Processing of Foods, ***Woodhead Publishing***, U.K.: Cambridge, 76-94, 2005.

Burdurlu H. S., Koca N. and Karadeniz F., "Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage", ***Journal of Food Engineering*** 74, 211-216, 2006.

Castro, I., Teixeira, J. A., Salengke, S., Sastry, S. K. and Vicente, A. A., "The influence offield strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberry products", ***Journal of Food Process Engineering*** 26(1), 17-29, 2003.

Cemeroğlu, B. ve Karadeniz, F., Meyve suyu üretim teknolojisi, No:25, ***Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları,*** 2001.

Cemeroğlu, B., Gıda analizleri, 2. Baskı***, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları***, No:34, Ankara, 2010.

Cemeroğlu, B., Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, 1.Cilt (3. Baskı), ***Bizim Grup Basımevi,*** Ankara, 2009.

Chaovanalikit, A., and Wrolstad, R. E., "Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties", ***Journal of Food Science*** 69(1), 2004.

Clifford, M. N., "Anthocyanins-nature, occurrence and dietary burden", ***Journal Science ve Food Agriculture*** 80, 1063–1072, 2000.

Cokgezme, O. F., Sabanci, S., Cevik, M., Yildiz, H. and Icier, F., "Performance analyses for evaporation of pomegranate juice in ohmic heating assisted vacuum system", ***Journal of Food Engineering*** 207, 1-9, 2017.

Çilek, B., Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry (*Prunus cerasus L.*) pomace, Yüksek Lisans Tezi, ***Middle East Technical University İnstitute of Science,*** Ankara, 21-22, 2012.

Damar, I. and Eksi, A., "Antioxidant capacity and anthocyanin profile of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) juice", ***Food Chemistry*** 135, 2910-2914, 2012.

Damar, İ., Vişne suyunun antosiyanin profili ve antioksidan kapasitesi, Yüksek Lisans Tezi, ***Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Ankara, s. 11-19, 2010.

Datta, A.K. and Anantheswaran R.C, Handbook of Microwave Technology for Food Aplications, ***Marcel Dekker,*** New York, 2001.

Dinçer C., Tontul İ. and Topuz A., "A comparative study of black mulberry juice concentrates by thermal evaporation ve osmotic distillation as influenced by storage", ***Innovative Food Science & Emerging Technologies*** 38, 57-64, 2016.

Dinçer, C., Çam, İ.B., Torun, M., Başünal Gülmez, H. and Topuz, A., "Mathematical modeling of concentrations of grape, pomegranate and black carrot juices by various methods", ***Gıda The Journal Food*** 44 (6), 1092-1095, 2019.

Eksi, A., Reicheneder, E. and Kieninger, H., "Über die chemische zusammensetzung der Sauerkirshc mutter saefte aus verschiedenen sorten", ***Flüssiges Obst*** 47, 494–496, 1980.

Erceyes, E., Vişne suyu konsantresinin üretim ve depolama süresince kalite değişimleri, Yüksek Lisans Tezi, ***Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Tokat, s. 1-38, 2014.

Evrendilek, G.A., "Change regime of aroma active compounds in response to pulsed electric field treatment time, sour cherry juice apricot and peach nectars, physical and sensory properties", ***Innovative Food Science and Emerging Technologies*** 33, 195–205, 2016.

FAO, Web sitesi: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

Fazaeli, M., Hojjatpanah, G. and Emam-Djomeh, Z., "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 Technologies*** 50(1), 35-43, 2013a.

Fazaeli, M., Yousefi, S. And Emam-Djomeh, Z., "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, 2013b.

Garcia-Viguera, C., Zafrilla, P., Romero, F., Abellan, P., Artes, F. and Tomas-Barberan, F. A., "Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature", ***Journal of Food Science*** 64, 243–247, 1999.

George, R.M. and Burnett, S.A., "General guidelines for microwavable products", ***Food Control*** 2, 35-44, 1991.

Gunko, S., Verbych, S., Bryk, M. and Hilal, N., "Concentration of apple juice using directcontact membrane distillation", ***Desalination*** 190(1), 117-124, 2006.

Gurak, P. D., Cabral, L. M., Rocha-Leão, M. H. M., Matta, V. M. and Freitas, S. P., "Quality evaluation of grape juice concentrated by reverse osmosis", ***Journal of Food Engineering*** 96(3), 421-426, 2010.

Gwarek, W.K. and Celuch-Marcysiak, M., “A review of microwave power applications in industry and research, microwaves”, Radar and Wireless Communications, MIKON-2004, ***15th International Conference*** 3, s. 843-848, 2004.

Heddleson, R.A. and Doores, S., “Factors affecting microwave heating of foods and microwave induced destruction of food borne pathogens review”, ***Journal of Food Protec*** 57(11), 1025-1037, 1994.

Hernández, E., Raventós, M., Auleda, J. M. and Ibarz, A., “Concentration of apple and pearjuices in a multi-plate freeze concentrator”, ***Innovative Food Science ve Emerging Technologies*** 10(3), 348-355, 2009.

Hojjatpanah, G., Fazaeli, M. and Emam-Djomeh, Z., “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, 2011.

Icier, F., Yildiz, H., Sabanci, S., Cevik, M. and Cokgezme, O. F., “Ohmic heating assisted vacuum evaporation of pomegranate juice: Electrical conductivity changes”, ***Innovative Food Science and Emerging Technologies*** 39, 241-246, 2017.

Jiao, B., Cassano, A. and Drioli, E., “Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices: a review”, ***Journal of Food Engineering*** 63(3), 303-324, 2004.

Kaanane, A., Kane, D. and Labuza, T. P., “Time and temperature effect on stability of moroccan processed orange juice during storage”, ***Journal of Food Science*** 53, 1470–1473, 1988.

Kaftanoğlu, E., Taze ve ticari vişne (*Prunus cerasus*) sularının toplam antosiyanin, toplam fenolik ve şeker miktarlarının tayini ve karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, s. 14-23, 2013.

Karaca, E., Nar suyu konsantresi üretiminde uygulanan bazı işlemlerin fenolik bileşenler üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, ***Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Adana, s. 47-61, 2011.

Khoo, G. M., Clausen, M. R., Pedersen, B.H. and Larsen, E., "Bioactivity and total phenolic content of 34 sour cherry cultivars", ***Journal of Food Composition and Analysis*** 24, 72-776, 2011.

Kim, D. O., and Padilla-Zakour, O. I., "Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: Cherry, plum, and raspberry", ***Journal of food science*** 69(9), 395-400, 2004.

Kim, D. O., Heo, H. J., Kim, Y. J., Yang, H. S. and Lee, C. Y., "Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells", ***Journal of Agricultural and Food Chemistry*** 53(26), 9921-9927, 2005.

Kirakosyan, A., Seymour, E.M., Llanes, D.E.U., Kaufman, P.B. and Bolling, S.F., "Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products", ***Food Chemistry*** 115, 20-25, 2009.

Kujawski, W., Gierszewska-Drużyńska, M., Warczok, J. and Güell, C., "Application of pervaporation and osmotic membrane distillation to the regeneration of spent solutions from the osmotic food dehydration", ***Polish Journal of Chemical Technology*** 11(2), 41-45, 2009.

Kujawski, W., Sobolewska, A., Jarzynka, K., Güell, C., Ferrveo, M. and Warczok, J., "Application of osmotic membrane distillation process in red grape juice concentration", ***Journal of Food Engineering*** 116(4), 801-808, 2013.

Kuşçu, A., Bulantekin, Ö., "The effects of production methods and storage on the chemical constituents of apple pekmez", ***Journal of Food Science and Technology-Mysore*** 53(7), 3083–3092, 2016.

Lambert, J.P., "Biological hazards of microwave radiation", ***Journal Food Protect*** 43 (8), 625-628, 1980.

Maskan, M., "Production of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice concentrate by various heating methods: Colour degradation and kinetics", ***Journal of Food Engineering*** 72, 218-224, 2006.

Mert, A., Vişne suyu konsantresi ile şeftali ve kayısı püre konsantrelerinin üretim aşamalarında uygulanan işlemlerin bileşimleri üzerine etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, ***Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, s. 3-10, 2012.

Mulabagal, V., Lang, G.A., Dewitt, D.L., Dalavoy, S.S. and Nair, M.G., "Anthocyanin content, lipid peroxidation and cyclooxygenase enzyme inhibitory activities of sweet and sour cherries", ***Journal of Agricultural ve Food Chemistry*** 57, 1239-1246, 2009.

Nayak, B., Liu, R. H. and Tang, J., "Effect of proceesing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables and grains-a review", ***Critical Reviews in Food Science and Nutrition*** 55(7), 887- 918, 2015.

Nicoli, M. C., Anese, M. and Parpinel, M., "Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables", ***Trends Food Science ve Techology*** 10, 94-100, 1999.

Onsekizoglu, P., Bahceci, K.S. and Acar, M.J., "Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment", ***Journal of Membrane Science*** 352, 160-165, 2010.

Onsekizoglu, P., "Production of high quality clarified pomegranate juice concentrate by membrane processes", ***Journal of Membrane Science*** 442, 264–271, 2013.

Orak, H. H., "Evaluation of antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice and its sour concentrate processed by conventional evaporation", ***International Journal of Food Sciences and Nutrition*** 60(1), 1-11, 2009.

Önal, K., "Ege Bölgesi'nden toplanan vişne (*Prunus cerasus L.*) gen kaynakları materyalinin değerlendirilmesi", ***Mediterranean Agricultural Sciences*** 15(2), 39-44, 2002.

Özaltın, B., Farklı yöntemlerle konsantre edilen demirhindi şerbetinin biyoaktivitesinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, ***Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Kayseri, s. 32-46, 2016.

Pantelidis, G.E., Vasilakakis, M., Manganaris G.A. and Diamantidis G., "Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and cornelian cherries", ***Food Chemistry*** 102,777-783, 2007.

Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C. and Tiwari, B. K., "Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation", ***Trends Food Science and Technology*** 21, 3–11, 2010.

Petzold, G., Moreno, J., Lastra, P., Rojas, K. and Orellana, P., "Block freeze concentration assisted by centrifugation applied to blueberry and pineapple juices", ***Innovative Food Science and Emerging Technologies*** 30, 192-197, 2015.

Platts, J., Microwave Ovens, ***Peter Pergrinus Ltd***., London UK, 1991.

Rhim, J. W., Nunes, R. V., Jones, V. A. and Swartzel, K. R., "Kinetics of colour change of grape juice generated using linearly increasing temperature", ***Journal of Food Science*** 54, 776–777, 1989.

Profir, A. and Vizireanu, C., "Effect of the preservation processes on the storage stability of juice made from carrot, celery and beetroot", ***Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*** 19(1), 99-104, 2013.

Rossi, M., Giussani, E., Morelli, R., Lo Scalzo, R., Nani, R. C. and Torreggiani, D., "Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice", ***Food Research International*** 36, 999–1005, 2003.

Sabancı, S., Ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon sisteminin kurulumu, performans değerlendirmesi, İşlemin Deneysel ve Kuramsal, Doktora Tezi, ***Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İzmir, s.1-110, 2017.

Sablani, S. S., Verews, P. K., Davies, N. M., Walters, T., Saez, H., Syamaladevi, R. M. and Mohekar, P. R., "Effect of thermal treatments on phytochemicals in conventionally and organically grown berries", ***Journal of the Science of Food ve Agriculture*** 90, 769–778, 2010.

Sánchez, J., Ruiz, Y., Raventos, M., Auleda, J. M. and Hernández, E., "Progressive freze concentration of orange juice in a pilot plant falling film", ***Innovative Food Science and Emerging Technologies*** 11(4), 644-651, 2010.

Schiffman, R.F., "Food product development for microwave processing", ***Food Technology*** 40(6), 94-98, 1986.

Schubert, H. and Regier, M., The microwave processing of foods, 1st ed., ***Woodhead Publishing Limited,*** 2005.

Seeram, N.P., Momin, R.A., Nair, M.G. and Bourquin, L.D., "Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries", ***Phytomedicine*** 8, 362-369, 2001.

Shaheen, M.S., El-Massry, K.F., El-Ghorab, A.H. and Anjum, F.M., Microwave applications in thermal food processing, In: The development and application of microwave heating, ***Intech,*** Rijeka, 2012.

Singleton, V. and Rossi, J., "Colorimetry of total phenolic compounds with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents", ***American Journal of Enology and Viticulture*** 16, 144-158, 1965.

Skrede, G., "Color quality of blackcurrant syrups during storage evaluated by Hunter L, a, b value", ***Journal of Food Science*** 50, 514–517, 1985.

Somers, T. S. and Evans, M. E., “Grape pigment phenomena: Interpretation of major color losses during vinification”, ***Journal of the Science of Food and Agriculture*** 30, 623-1979, 1986.

Stephen, J.H., Microwave Enhanced Chemistry (fundemantals, sample preparetion and application), ***American Chemical Society,*** Washington DC., USA, 1997.

Stuchly, M.A. and Stuchly, S.S., “Medical and domestic applications of microwaves”, ***IEEE Proceedings*** 130, 467-503, 1983.

Sumnu, G., “A review on microwave baking of foods***”, International Journal of Food Science and Technology*** 36, 117-127, 2001.

Tewari, G. and Juneja, V., “Advances in thermal and non-thermal food preservation, In: Gaurav Tewari, Vijay K. Juneja (Eds.)”, ***Blackwell Publishing Limited,*** Oxford, 2007.

Toydemir, T. ve Boyacıoğlu, D., Vişne suyu işleme prosesinin biyoaktif bileşenler üzerindeki etkisi, Optimal beslenmede meyve suyu tüketiminin yeri ve önemi: ***Yeni Yaklaşımlar ve Yeni Görüşler Paneli***, İstanbul, 2012.

TGKY, Meyve suyu ve benzeri ürünler tebliği, Türk Gıda Kodeksi yönetmeliği, Tebliğ no:2014/34, T.C. Resmi Gazete Sayı:29080, 2014.
Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik Veri Portalı, www.tuik.gov.tr, 2012, (Erişim tarihi: 10.05.2021).

Ucan Turkmen, F., Mercimek Takcı, H. A., Seyhan, B. and Palta T., “Investigation some quality parameters of sour cherry concentrates by produced under atmospheric and vacuum conditions”, ***The Black Sea Journal of Sciences*** 9(1), 43-57, 2019.

URL 1, Türkiye meyve suyu v.b. ürünler sanayi raporu, https://www.meyed.org.tr, 2011a, (Erişim tarihi: 15.03.2021).

URL 2, Meyve suyu endüstrisi derneği, http://www.meyed.org.tr/tr/meyed-tarim/bahcecilik/visne, 2011b, (Erişim tarihi: 04.04.2021).

URL 3, Türkiye Cumhuriyeti-Ekonomi Bakanlığı meyve suları sektör raporları, https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Meyve_Sulari.pdf, 2016, (Erişim tarihi: 05.06.2021).

URL 4, Food Agriculture Organization United Nations, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC, 2017, (Erişim tarihi: 27.06.2021)

USDA, Foreing agricultural servise, https://www.fas.usda.gov/commodities/stone-fruit, 2016, (Erişim tarihi:18.03.2021).

Usenik, V., Fabcic, J. and Stampar, F., "Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium L.*)", ***Food Chemistry*** 107, 185–192, 2008.

Uyan, S.E., Baysal, T., Yurdagel, Ü. and El, S.N., "Effects of drying process on antioxidant activity of purple carrots", ***Nahrung – Food*** 48, 57–60, 2004.

Vatai, G., Seperation technologies in the processing of fruit juices, beverage and nutraceutical industries Editor: Syed S. H. Rizvi**,** ***Woodhead Publishing Ltd***, Cambridge, UK, 2010.

Velioğlu, S., and Yıldız, O., "Chemical composition of Turkish sour cherry juices", ***Gıda*** 21, 103–107, 1996.

Wang, H.Y., Hu, X.S., Chen, F., Wu, J.H., Zhang, Z.H., Liao, X.J. and Wang, Z.F., "Kinetic analysis of non-enzymatic browning in carrot juice concentrate during storage", ***European Food Research and Technology*** 223, 282–289, 2006.

Warczok, J., Gierszewska, M., Kujawski, W. and Güell, C., "Application of osmotic membrane distillation for reconcentration of sugar solutions from osmotic dehydration", ***Separation ve Purification Technology*** 57(3), 425-429, 2007.

Yousefi, G., Yousefi, S. and Emam-Djomeh, Z., "A comparative study on different concentration methods of extracts obtained from two raspberries (*Rubus ıdaeus l.*)

cultivars: evaluation of anthocyanins and phenolics contents and antioxidant activity", ***International Journal of Food Science and Technology*** 48, 1179-1186, 2013.

Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S.M.A. and Askari, G.R., "Comparing the effects of microwave and conventional heating methods on the evaporation rate and quality attributes of pomegranate (*Punica granatum l.*) juice concentrate", ***Food Bioprocess Technol*** 5, 1328-1339, 2012.

Zorić, Z., Pelaić, Z., Pedisić, S., Elez Garofulić, I., Bursać Kovačević, D. and Dragović–Uzelac, V., "Effect of storage conditions on phenolic content and antioxidant capacity of spray dried sour cherry powder", ***LWT-Food Science Technology*** 79, 251-259, 2017.

ÖZ GEÇMİŞ

Esra ÜSTÜNKAYA ……. tarihinde …….. doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adana'da tamamladı. 2014 yılında girdiği Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümün'den 2018 yılında mezun oldu. 2019 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Öğrenimine başladı. Bilim dalındaki ilgi alanı Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisidir.