



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

BROKOLİDEN (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) FENOLİK MADDE  
EKSTRAKSİYONU YÖNTEM VE KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU

RABİA TARTICI

EYLÜL 2020

R. TARTICI, 2020

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



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

BROKOLİDEN (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) FENOLİK MADDE  
EKSTRAKSİYONU YÖNTEM VE KOSULLARININ OPTİMİZASYONU

RABİA TARTICI

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU

EYLÜL 2020

## ONAY

Rabia Tartıcı tarafından Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU danışmanlığında hazırlanan “Brokoliden (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Fenolik Madde Ekstraksiyonu Yöntem ve Koşullarının Optimizasyonu” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Prof. Dr. Hasan USLU

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye :Doç. Dr. Erkan KARACABEY

Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye :Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ....../...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun ....../...../20.... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**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.



Rabia TARTICI

## ÖZET

### BROKOLİDEN (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) FENOLİK MADDE EKSTRAKSİYONU YÖNTEM VE KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU

TARTICI, Rabia

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU  
Eylül 2020, 105 sayfa

Bu çalışmada fenolik içeriğinin yüksek olduğu bilinen brokoliden farklı ekstraksiyon metotları kullanılarak antioksidan biyoaktif bileşik ekstraksiyonu yapılmıştır. Kullanılan yöntemler; klasik çözücü, mikrodalga destekli, ultrason destekli ekstraksiyondur. Taguchi yöntemi kullanarak, her bir ekstraksiyon yöntemi için optimum ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir. Klasik ekstraksiyon yönteminde, belirlenen optimum koşullarda ekstrakte edilen toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi ve askorbik asit, sırasıyla 690,94 mg GAE/kg kuru madde (20 °C/15 dk), 19,37 mg/ml (60 °C/30 dk) kuru madde ve 66,743 mg/g kuru madde (20 °C/15 dk) olarak tespit edilmiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminde, belirlenen optimum koşullarda alınan sonuçlar ise toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi ve askorbik asit sırasıyla, 725,52 mg GAE/kg kuru madde (360 W/60 s), 12,28 mg/ml kuru madde (900 W/90 s) ve 191,451 mg/100 g kuru madde (360 W/30 s) dir. Ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde belirlenen optimum koşullarda ekstrakte edilen toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi ve askorbik asit sırasıyla, 561,84 mg GAE/kg kuru madde (%60/15 dk), 11,28 mg/ml kuru madde (%60/10 dk) ve 508,736 mg/100 g kuru madde (%60/5 dk) olarak tespit edilmiştir. Uygulanan üç yöntem karşılaştırıldığında, mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminin en verimli yöntem olduğu görülmektedir.

*Anahtar kelimeler:* Brokoli, ekstraksiyon, optimizasyon, fenolik madde

## SUMMARY

### OPTIMIZATION OF EXTRACTION METHODS AND CONDITIONS FOR PHENOLIC COMPOUNDS FROM BROCCOLI (*Brassica oleracea* L. var. *italica*)

TARTICI, Rabia

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Cem BALTACIOĞLU

September 2020, 105 pages

In this study, it was aimed to optimize the extraction conditions of phenolic compounds from broccoli by investigating possible factors, comparing the extraction conditions, and analyzing the extracts and the process was optimized by using Taguchi Technique. The optimal extraction conditions for solvent extraction method were total phenolic content was 690,94 mg GAE/kg DW, total antioxidant capacity was 19,37 mg/ml (60 °C/30 min) DW, 66,743 mg/100 g (20 °C/15 min) DW. The optimal extraction conditions for microwave assisted extraction method were total phenolic content was 725,52 mg GAE/kg (360 W/60 s)GAE/kg DW, total antioxidant capacity was 12,28 mg/ml (900 W/90 s) DW, 191,451 mg/100 g (360 W/30 s) DW. The optimal extraction conditions for ultrasound assisted extraction method were total phenolic content was 561,84 mg GAE/kg (60%/15 min) GAE/kg DW, total antioxidant capacity was 12,28 mg/ml (%60/10 min) DW and 508,736 mg/100 g (%60/5 min) DW. Total phenolic content and total flavonoid content of broccoli obtained by microwave assisted extraction at the optimum conditions.

*Keywords:* Broccoli, extraction, optimization, phenolic content

## ÖNSÖZ

Brokoli bitkisinin içerdığı fenolik bileşiklerin ve C vitamini ekstraksiyonunun bilinen klasik ekstraksiyon yöntemine alternatif olarak mikrodalga ve ultrases destekli ekstraksiyon güncel yöntemlerinin bu konuda ilk kez denenmiş olması ve Taguchi tekniğiyle optimize edilmesi de bu çalışmamızı önemli kılan hususlardır.

Bu çalışmanın planlanmasında ve yürütülmesinde bilgi, öneri, yardım ve desteğini esirgemeyen çalışma süresince her konuda yardımcı olan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmamın her aşamasında yanımda olan, bana yol gösteren ve analizlerin yapılmasında büyük katkısı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hande BALTACIOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmam boyunca beni her konuda destekleyen değerli aileme ve gösterdiği anlayıştan dolayı sevgili eşim Mustafa Sina DOĞAN'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ONAY .....	i
TEZ BİLDİRİMİ.....	ii
ÖZET .....	iii
SUMMARY .....	iv
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
SİMGE VE KISALTMALAR .....	xiv
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM II .....	4
KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	4
2.1. Brokoli, Tarihçesi ve Üretim Değerleri .....	4
2.2. Brokolinin Bilimsel Sınıflandırılması, Besin Değeri ve İnsan Sağlığına Faydaları .....	6
2.3. Brokolide bulunan glukozinolatlar ve etkileri.....	9
2.4. Fenolik Bileşimler .....	9
2.4.1. Fenolik asitler.....	13
2.4.2. Flavonoidler .....	15
2.4.2.1. Flavonlar ve Flavonollar .....	18
2.4.2.2. Flavanol.....	20
2.4.2.3. Flavanonlar.....	21
2.4.2.4. İzoflavonlar .....	22

2.4.2.5. Antosiyaninler .....	22
2.5. Radikaller ve Antioksidanlar.....	22
2.5.1. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Radikal Giderme Yöntemi .....	26
2.6. Ekstraksiyon .....	26
2.6.1. Bitkisel Kaynaklardan Fenolik Madde Ekstraksiyonu.....	27
2.6.2. Klasik ekstraksiyon (Geleneksel ekstraksiyon) .....	28
2.6.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon .....	29
2.6.4. Mikrodalga destekli ekstraksiyon .....	38
2.7. Taguchi Yöntemi.....	41
BÖLÜM III .....	43
MATERYAL VE METOT .....	43
3.1. Materyal .....	43
3.2. Metot .....	43
3.2.1 Ekstraksiyon Uygulaması.....	43
3.2.1.1. Klasik Ekstraksiyon .....	43
3.2.1.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon .....	43
3.2.1.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon .....	44
3.2.2. Ekstrakta Yapılacak Analizler .....	45
3.2.2.1. Toplam fenolik madde tayini .....	45
3.2.2.2. Renk tayini .....	46
3.2.2.3. Antioksidan aktivite tayini .....	46
3.2.2.4. Askorbik asit (C vitamini) konsantrasyonunun belirlenmesi.....	47
3.2.2.5. İstatiksel analiz.....	47
BÖLÜM IV .....	48
BULGULAR VE TARTIŞMA .....	48
4.1. Klasik Ekstraksiyon .....	48
4.1.1. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Tayini.....	48

4.1.2. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini.....	50
4.1.3. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Renk Tayini.....	52
4.1.4. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C vit.) Tayini .....	54
4.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon.....	55
4.2.1. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Tayini .....	55
4.2.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini ...	59
4.2.3. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Renk Tayini .....	61
4.2.4. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C vit.) Tayini.	62
4.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon .....	64
4.3.1. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Tayini....	64
4.3.2. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini.....	67
4.3.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Renk Tayini.....	69
4.3.4. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C vit.) Tayini .....	71
4.4 Taguchi Optimizasyonu .....	72
4.4.1 Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Grafikleri .....	72
4.4.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Grafikleri.....	74
4.4.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Grafikleri	75
4.4.4. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite (EC <sub>50</sub> ) Grafikleri.....	77
4.4.5. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite (EC <sub>50</sub> ) Grafikleri.....	78
4.4.6. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite (EC <sub>50</sub> ) Grafikleri.....	80
4.4.7. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C Vitamini) Grafikleri.....	81
4.4.8. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan C Vitamini Grafikleri.....	83
4.4.9. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan C Vitamini Grafikleri .....	84
BÖLÜM V .....	86

SONUÇLAR.....	86
KAYNAKLAR .....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	105



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Yıllara göre brokoli ekiliş alanı ve üretim miktarlarının değişimi .....	5
Çizelge 2. 2. 100 gram yaş brokolinin besin değeri.....	7
Çizelge 2. 3. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması.....	11
Çizelge 2. 4. Bazı gıdalardaki fenolik bileşikler ve miktarları .....	13
Çizelge 2. 5. Bazı gıdalardaki hidroksibenzoik asit ve miktarları .....	14
Çizelge 2. 6. Bazı gıdalardaki hidroksisinamik asitler ve miktarları .....	15
Çizelge 2. 7. Gıdalarda bulunan flavonoidler .....	18
Çizelge 2. 8. Flavon ve flavonol Sınıflandırılması ve gıda kaynağı.....	19
Çizelge 2. 9. Bazı sebze meyve ve içeceklerin flavonol ve flavon içerikleri .....	20
Çizelge 2. 10. Bazı gıdalardaki fenolik bileşikler ve miktarları .....	21
Çizelge 2. 11. Serbest radikaller .....	23
Çizelge 2. 12. Oksidan ve antioksidan savunma örnekleri .....	25
Çizelge 2. 13. Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları .....	33
Çizelge 2. 14. Gıdalarda mikrodalga kullanım uygulamaları .....	39
Çizelge 4. 1. Klasik ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları.....	48
Çizelge 4. 2. Klasik ekstraksiyon EC <sub>50</sub> değerleri.....	51
Çizelge 4. 3. Klasik ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları .....	53
Çizelge 4. 4. Klasik ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini miktarları .....	54
Çizelge 4. 5. Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları .....	56
Çizelge 4. 6. Mikrodalga destekli ekstraksiyon EC <sub>50</sub> değerleri.....	60
Çizelge 4. 7. Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları .....	62
Çizelge 4. 8. Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) miktarları.....	63
Çizelge 4. 9. Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları .....	65
Çizelge 4. 10. Ultrases destekli ekstraksiyon EC <sub>50</sub> değerleri .....	68
Çizelge 4. 11. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları.....	70

Çizelge 4. 12. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) miktarları  
..... 71



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Şeker ve kükürt içeren glukozinat molekülü .....	9
Şekil 2. 2. Fenolik asitlerin genel yapısı a)Benzoik asit türevleri b)Sinamik asit türevleri .....	14
Şekil 2. 3. Farklı flavonoidlerin kimyasal yapıları .....	16
Şekil 2. 4. Flavonoidlerin genel yapısı .....	17
Şekil 2. 5. Başlıca flavonlar ve flavonolların kimyasal yapıları .....	19
Şekil 2. 6. Flavanollerin kimyasal yapıları .....	20
Şekil 2. 7. Flavanonların kimyasal yapısı .....	21
Şekil 2. 8. Vücuttaki serbest radikallerin ana kaynakları ve zararları .....	24
Şekil 2. 9. Ultrason destekli ekstraksiyonun etki mekanizmasının gösterimi .....	30
Şekil 2. 10. Ultrases destekli ekstraksiyon için kullanılan sistemler .....	32
Şekil 2. 11. Ultrasonik kavitezyon .....	33
Şekil 4. 1. Klasik ekstraksiyon toplam fenolik madde miktarları.....	49
Şekil 4. 2. Klasik ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite tayini sonuçları.....	51
Şekil 4. 3. Klasik ekstraksiyon C vitamini miktar grafiği .....	55
Şekil 4. 4. Mikrodalga destekli ekstraksiyon toplam fenolik madde miktarları .....	57
Şekil 4. 5. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini	60
Şekil 4. 6. Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini grafiği.....	63
Şekil 4. 7. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde tayini grafiği .....	65
Şekil 4. 8. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite tayini grafiği	68
Şekil 4. 9. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini grafiği .....	72
Şekil 4. 10. Klasik ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri .....	73
Şekil 4. 11. Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri.....	75
Şekil 4. 12. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri.....	76

Şekil 4. 13. Klasik ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite (EC50) optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri .....	78
Şekil 4. 14. Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite (EC50) optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri.....	79
Şekil 4. 15. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite (EC50) optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri.....	81
Şekil 4. 16. Klasik ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vitamini) deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri.....	82
Şekil 4. 17. Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vitamini) deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri .....	84
Şekil 4. 18. Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vitamini) deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri .....	85

## SİMGE VE KISALTMALAR

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
µl	Mikrolitre
µmol	Mikromol
Cm	Santimetre
Dk	Dakika
G	Gram
GHz	Gigahertz
Hz	Hertz
Kg	Kilogram
KHz	Kilohertz
M	Metre
Mg	Miligram
MHz	Megahertz
ml	Mililitre
Mm	Milimetre
Mmol	Milimol
Nm	Nanometre
V	Hacim
W	Watt
°C	Santigrat Derece
K	Kelvin

# BÖLÜM I

## GİRİŞ

Brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) lahanagiller familyasına (Brassicaceae) ait olan, gelişmiş ülkelerde geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan, ülkemizde son yıllarda tüketimi hızla artan ve çok sevilen kışlık bir sebzedir (Vural vd. 2000). Brokolinin sebze olarak değerlendirilen kısımları yeşil renkli olup, olgunlaşmamış çiçek taslakları ile kalın ve etli çiçek saplarından oluşur (Eşiyok ve Dönmez, 2000; Vural vd., 2000). Olgunlaşmamış çiçek taslaklarını oluşturan kısımlar, büyüme ucunda oluşan ana baş denilen taç ve daha sonra yaprak koltuklarından çıkan yan sürgünlerden oluşan küçük başlardan meydana gelmektedir (Doğru vd., 2016).

Besin değeri, zengin diyet sebzesi olması ve insan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri, ülkemizde brokoliye olan talebi arttırmıştır. Son yıllarda brokoli üretimi artmıştır (Eşiyok ve Yoldaş, 2001). Türkiye' nin farklı iklim ve toprak yapısına sahip olması nedeniyle sebze üretimi hemen her bölgeye yayılmaktadır (Şeniz, 2004). Brokolinin yetiştirilmesi için optimum sıcaklık 15 – 17 °C' dir (Şahin M., 2014). Sıcak havalar sürgünlerdeki çiçek taslaklarının normal gelişme göstermesini engeller. 20 - 25 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda gelişmede bozukluklar meydana gelmeye başlar. (Björkman ve Pearson, 1998). Brokoli organik maddece zengin toprakları sever. Yüksek toprak asitliğine karşı oldukça duyarlıdır. pH 5,5 - 6,6 arasındadır (Vural vd., 2000).

Brokoli yüksek vitamin (A, B1, B2, B5, B6 ve E), mineral (Ca, Mg, Zn ve Fe) ve ayrıca kansere neden olan ajanları engelleyen antioksidan madde içeriğine sahip olması sebebi ile insan beslenmesinde ve tıpta önemli bir yer tutar (Beecher, 1994) . Brokolinin 100 gramında; 44 kalori, 4.6 g protein, 0.6 g yağ, 8 g karbonhidrat, 4 g selüloz, 1.4 mg Fe, 160 mg P, 2068 IU vitamin A, 0.2 mg Vitamin B1, 0.2 mg vitamin B2, 116 mg vitamin C bulunmaktadır (Kar ve Uzun, 2000).

Brokoli hasat edildikten sonra raf ömrünün kısa olmasından dolayı taze, kurutulmuş, konserve ve dondurulmuş olarak değerlendirilmektedir (Bozokalfa vd., 2004). Brokoli dondurulmuş gıda sanayisinde ilk sırada yer almaktadır (Salman, 2007). Brokoli

sulforafan, beta karoten ve likopen gibi aktif bileşenler içerdiğinden dolayı, fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir (Abdel-Salam, 2010).

Fenolik bileşikler bitkilerde ve gıdalarda yoğun olarak bulunması, antioksidan, antienflamatuvar, antibakteriyal ve antiviral etkileri ile birçok hastalığın önlenmesinde ve sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle insan ve hayvan diyetlerinde önemli bir yere sahiptir. Olumlu etkilerinin ve biyolojik aktivitelerinin yanında fenolik bileşikler gıda işleme aşamalarındaki koşullara karşı stabil değillerdir. Sıcaklık, oksijen ve ışık bu bileşiklerde bozulmalara neden olmaktadır. Bununla birlikte diğer nutrasetik bileşikler gibi fenolik bileşikler de gastrointestinal bölgedeki koşullarda ortam pH'sından etkilenmekte ve enzim ve diğer bileşenlerin varlığı da bu bileşiklerin potansiyel sağlık etkilerini ve aktivitelerini engellemektedir (Leonard, 2000; Rodriguez-Amaya, 2016).

Birçok klinik öncesi araştırma ve epidemiyolojik veri bitki polifenollerinin potansiyel bir kemo-preventif ve anti-kanser ajanı olarak hareket ederek bazı kanser türlerini yavaşlattığı, kardiyovasküler hastalık risklerini, nörodejeneratif hastalıkları, diyabet ve kemik erimesini azalttığını ortaya koymaktadır (Scalbert vd., 2005). Bununla birlikte flavonid gruplarının, özellikle de c-glikozit yapıda olanların o-glikozit yapıdaki flavonoidlere oranla daha fazla olmak üzere, antiviral aktivite, antibakteriyal ve antifungal etkilerinin de bulunduğu belirtilmektedir (Xiao, 2015). Gıdalarda, özellikle üzümde bulunan en önemli stilbenlerden biri olan resveradrolün patojen gelişimini engelleyen doğal bir antibiyotik olduğu belirtilmektedir (Delmas vd., 2006). Polifenollerle yapılan bir diğer çalışmada ise bu bileşenlerin bağırsak iltihabı hastalığına karşı antienflamatuvar etki gösterdiği ifade edilmiştir (Romier vd., 2009).

Yapılan çalışmalarda brokoliden fenolik madde ekstraksiyonunda ultrases kullanılmış ve  $28,31 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$  değeri elde edilmiştir. Aynı çalışmada kullanılan maserasyon tekniği ile elde edilen  $7,54 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$  değeri ile kıyaslandığında oldukça verimli bir ekstraksiyon yöntemi olduğu belirtilmiştir (Pazeshkpour vd., 2018). Oniszczuk ve Olech tarafından yapılan bir çalışmada *Brassica oleracea L. var. Sabellica*'ye ultrases ekstraksiyon yöntemi uygulanmış ve ultrases yönteminin fenolik ekstraksiyonu üzerine etkili olduğunu ve koşulların fenolik içeriğini etkilediğini tespit etmişlerdir (Oniszczuk ve Olech, 2016).

Brokoli ile yapılan bir çalışmada mikrodalga ekstraksiyon işlemi üzerine yanıt yüzey yöntemi uygulanmış olup 13,88 ile 21,77 mg GAE g<sup>-1</sup> (kuru ağırlıkta) toplam fenolik elde etmişlerdir ve uygulama koşullarının ekstraktı miktarı üzerine etkili olduğunu belirlemişlerdir (Jokic vd., 2012).

Yapılan bu tezde ultrases ekstraksiyonu yanı sıra mikrodalga destekli ekstraksiyon da uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Taguchi tekniği ile optimize edilmiştir.



## BÖLÜM II

### KAYNAK ARAŞTIRMASI

#### 2.1. Brokoli, Tarihçesi ve Üretim Değerleri

Brokoli (*Brassica oleracea* L. var *italica*) lahanagiller familyasına (Brassicaceae) aittir. Ülkemizde son yıllarda tüketimi hızla artan kışlık bir sebzedir (Vural vd. 2000; Alan ve Sönmez, 2012; Aktaş ve Bakkalbaşı, 2016; Polat ve Bal, 2017; Mordoğan vd., 2019).

Brokolinin orjini, İtalya'da Eski Roma tarihine kadar gitmektedir. Brokoli, İtalyan göçmenler tarafından Amerika'ya götürüldüğü ve böylece 1900' lü yıllardan itibaren Amerika' da tanınmaya başlandığı birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir. Adını ilk defa yetiştirdiği İtalyan şehri olan Calabria'dan almıştır. Brokolinin anavatanın, Akdeniz Bölgesi olduğu bilinmektedir (Eşiyok ve Yoldaş, 2004; Çolak, 2005; Şalk vd., 2008). Akdeniz kıyılarında M.Ö. 600 yıllarında insanlar tarafından tüketildiği tahmin edilmektedir (Aslan, 2018).

Brokoli, latince “brachium” kelimesinden gelmektedir. Brachium, dallanmış ağaç kolları anlamını taşır ve brokolinin şeklinin ağaç dallarının şekline benzediği için bu adı almıştır (Çolak, 2005).

Brokoli Türkiye'de ve dünyada farklı zamanlarda üretilebilmektedir. Karasal iklimin hakim olduğu yerlerde yaz aylarında üretilirken, Akdeniz gibi ılıman iklimin hakim olduğu bölgelerde sonbaharda üretilmektedir (Yılmaz, 2015).

Türkiye'de ticari olarak brokoli yetiştiriciliği kaynaklara göre 1990' lı yılların başlangıcından itibaren amatör olarak yapılmaya başlanmıştır. Ülkemizde 2004 yılından önceki, brokoli üretimine ait istatistiksel bir veri bulunmamakla birlikte son yıllarda brokoli üretiminde önemli düzeylerde artışlar meydana gelmiştir. Ülkemizde 2005 yılında 5710 da alanda 8500 ton olan brokoli üretimi, 2015 yılında 25481 da alanda 46.353 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu verilere göre, ülkemizde brokoli üretim alanları yaklaşık 10 kat, üretim miktarı ise 6 kat civarında artış göstermiştir. Ülkemizde brokoli yetiştiriciliği ağırlıklı olarak Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yapılmaktadır. Brokoli

üretiminin tamamı halen iç piyasada tüketilmektedir. Tarımsal istatistikleri incelendiğinde, brokoli ihracat ve ithalat değerlerinin bulunmadığı saptanmıştır (TÜİK, 2015). Yıllara göre brokoli ekiliş alanı ve üretim miktarlarının değişimi Çizelge 2.1.' de verilmiştir.

**Çizelge 2. 1.** Yıllara göre brokoli ekiliş alanı ve üretim miktarlarının değişimi

İller	2005		2010		2015	
	Ekiliş Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	Ekiliş Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	Ekiliş Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
İzmir	940	1.904	966	1.766	6.508	13.124
Antalya	1150	1.275	4.310	8.138	5.250	9.768
Mersin	1960	2.839	2.634	3.935	4.123	8.342
Manisa	60	40	3.428	6.720	2.048	4.148
Bursa	560	748	700	1.003	1.940	2.918
Türkiye	5710	8.500	15.495	26.493	25.481	46.353

Brokoli yetiştiriciliğinde en uygun sıcaklıklar 15 – 17 °C' dir. Daha yüksek ve daha düşük sıcaklıklar kalite üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır (Şahin, 2014). Yapılan bir çalışmada 30 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda ana taçlarda yumuşama ve gevşeme, kalitede düşüklükler, erken çiçek açımı gibi olumsuzluklar görüldüğü belirlenmiştir (Björkman ve Pearson, 1998). Kuraklık, brokolinin olgunlaşmamış çiçek taslakları üzerine olumsuz etki yaparak taçların lifli ve kalitesiz olmasına neden olmaktadır (Vural vd., 2000).

Sağlık açısından birçok faydası olan brokoli çiğ olarak veya haşlanarak tüketilebilmektedir (Vural vd., 2000). Kanseri önleyici olarak bilinen glikozinolatlar, indol, izotiyosiyonat ve sulforafan gibi fitokimyasallar, antioksidan vitaminler ve flavonoidler içermektedir (Moreno vd., 2006).

Brokoli, ülkemizde son yıllarda üretimi ve tüketimi hızla artan ve besin değeri yüksek olan bir sebze türüdür (Doğru vd., 2016). Bir çalışmada 14 sebze türü incelenmiştir. Brokoli, brksel lahanası ve karnabaharın bitki sterolleri açısından en yüksek içeriğe sahip oldukları belirlenmiştir (Normen vd., 1999).

Brokolinin metabolik reaksiyonlarının fazla olduğundan dolayı raf ömrü kısıdır (Doymaz, 2012). Bu sebepten dolayı taze, kurutulmuş, konserve ve dondurulmuş olarak değerlendirilmektedir (Bozokalfa vd. 2004).

## **2.2. Brokolinin Bilimsel Sınıflandırılması, Besin Değeri ve İnsan Sağlığına Faydaları**

Alem: Plantae (Bitkiler)

Bölüm: Magnoliophyta (Kapalı tohumlular)

Sınıf: Magnoliopsida (İki enekliler)

Takım: Brassicales

Familya: Brassicaceae (Turpgiller)

Cins: *Brassica*

Tr: *B. Oleracea*

Kültür Grubu: *Brassica oleracea* var. *Italica* (Yılmaz, 2011)

100 gram çiğ brokolinin içerdiği besin değerleri izelge 2.2.' de verilmiştir (Vural vd., 2000).

Çizelge 2.2. incelendiğinde brokoli sebzесinin A ve C vitamini gibi antioksidanlar ve Ca, P ve K gibi mineral maddeler yönünden oldukça zengin olduğu görülmektedir. Ayrıca brokoli aktif diyet bileşenlerinin ve karotenoidler gibi besinsel antioksidanların önemli bir kaynağıdır (Zhang ve Hamauzu 2004).

Brokolinin iyi bir folik asit (folat, vitamin B9) kaynağı olduğu bilinmektedir. Sebze ve meyvelerin folat miktarını belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, incelenen örnekler arasında brokolinin en yüksek folat içeriğine (240 mg / 100 g) sahip olduğu görülmüştür. Brokoli bitkisi özellikle flavonoid ve glukosinolatlar gibi bioaktif

bileşikler yönünden oldukça zengindir (Sarıkamış, 2011). Brokoli, protein, vitamin ve besin maddelerince zengin ve çok iyi bir diyet sebzesidir (Eşiyok ve Yoldaş, 2001).

**Çizelge 2. 2.** 100 gram yaş brokolinin besin değeri

Besin Değeri	Miktar
Su	% 89.7
Kuru madde	% 10.3
Enerji	25 kcal
Protein	% 3.3 g
Yağ	% 0.2 g
Karbonhidrat	% 4.4 – 5.2 mg
A vitamini	1542 - 2500 IU
B1 vitamini	0.07 – 0.1 mg
B2 vitamini	0.12 – 0.23 mg
C vitamini	93.4 - 114 mg
Niasin	0.64 – 0.9 mg
Kalsiyum	48 - 105 mg
Magnezyum	24 mg
Demir	0.9 – 1.3 mg
Fosfor	66 – 82 mg
Potasyum	325 – 464 mg
Sodyum	27 mg
Lif	Yüksek miktarda

Brokoli antioksidan özellik taşıdığı bilinen vitamin E ( $\alpha$ - tokoferol), vitamin A (öncül maddesi  $\beta$ -karoten) ve vitamin C (askorbik asit) bakımından zengin bir sebzedir. Bu vitaminler, vücudumuzda çeşitli metabolik aktivitelerin sonucunda açığa çıkan serbest oksijen radikallerini nötralize ederek organizmayı, serbest radikallerin neden olabileceği zararlı etkilerden korumaktadır. Yapılan bir araştırmada brokolinin antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Askorbat,  $\beta$ -karoten ve  $\alpha$ -tokoferol miktarları diğer lahana grubu sebzelerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda brokolinin askorbat miktarının

lahana grubu diğer sebze türlerine göre oldukça yüksek düzeylerde olduğu (74.71 mg / 100 g taze ağırlık), ayrıca  $\beta$ -karoten ve  $\alpha$ -tokoferol miktarlarının yaprak lahanadan sonra en fazla brokoli ve brüksel lahanasında bulunduğu belirlenmiştir (Sarıkamış, 2011).

Brokoli, içerdiği bazı fitokimyasallar sayesinde insan sağlığı bakımından yararlı olduğu bilinen bir sebze türüdür. Son yıllarda özellikle kansere karşı koruyucu etki gösterdiğinin bildirilmesiyle daha fazla önem kazanmıştır. Bu etki brokolinin zengin antioksidan içeriği yanı sıra bazı ikincil metabolizma ürünleri ile ilişkilendirilmektedir (Şahin, 2014). Brokoli iyi bir folik asit (folat, Vitamin B9) kaynağıdır. Folik asit pek çok metabolik olayda, DNA sentezi ve tamirinde görev alan, özellikle de alyuvarların oluşumunda yer alan temel bileşendir (Şahin, 2014).

Ayrıca glukozinolat adı verilen şeker ve kükürt içerikli ikincil metabolizma ürünlerinin parçalanması sonucunda açığa çıkan sulforofan kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıklara karşı koruyucu etki göstermektedir ve bu da brokolinin antikanserojen özelliğini göstermektedir (Şahin, 2014).

Brokoli yüksek miktarlarda B ve C vitamini, kalsiyum, kükürt, potasyum ve selenyum maddeleri içermektedir. Ayrıca mineral ve demir eksikliğini gidermektedir (Steinmetz ve Potter, 1996).

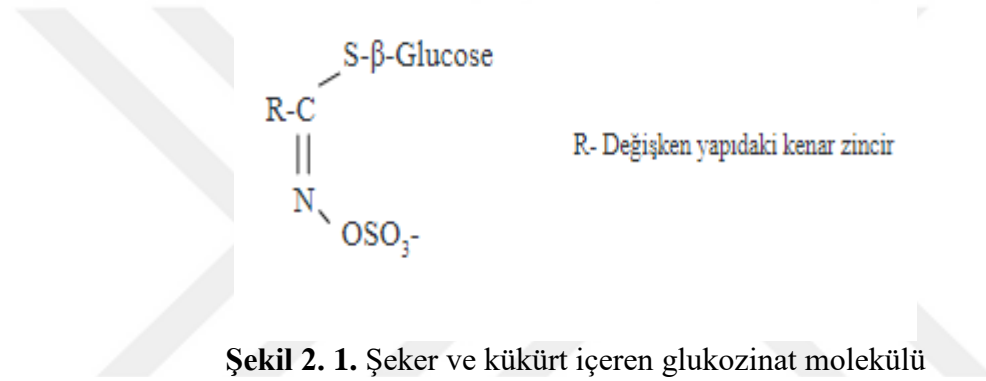
Brokoli iyi bir klorofil kaynağıdır. Klorofilin moleküler yapısı kandaki hemoglobine çok benzemektedir. Klorofil diğer organlardaki DNA'nın kanser hücreleriyle bağını azaltır. Ayrıca vücut içerisinde oluşan nötralizasyon artışı kalsiyum oksalat taslarını yok eder (Zhang vd., 1992).

Yapılan bir çalışmada pişirme yöntemlerinin etkisi incelenmiştir. Bulgular hem çiğ hem pişmiş Brassica sebzelerinde glikosinat biyoaktivitesinin devam ettiğini göstermiştir (Kushad vd., 1999). Yapılan bir çalışmada ısıl işlemin ıspanak, lahana, karnabahar ve brokoli gibi sebzelerin antioksidan etkisini ve toplam fenolik bileşenlerinin antioksidan etkisini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (İsmail vd., 2004). Brokoli sülfurofen içeren yaşlanmayı geciktirici yiyecekler arasındadır (Chung vd., 2000).

Brokoli, güçlü bir antioksidan olan selenyum içerir. Kırmızı kan hücrelerini, oksidasyonun vereceği zararlardan korur, bağışıklık sistemini güçlendirir (Yoldaş, 2003; Krauss vd., 1996).

### 2.3. Brokolide bulunan glukozinolatlar ve etkileri

Glukozinolatlar, brokoli başta olmak üzere tüm lahana grubu sebzelere özgü keskin ve acımsı tat ve aromadan sorumludurlar. Bitkide savunma mekanizması olarak görev yaparlar. Molekülünde şeker ve kükürtün yanı sıra, değişken yapıda bir kenar zincire (R) sahiptir. Şekil 2.1.' de şeker ve kükürt içeren glukozinat molekülü verilmiştir (Sarıkamış, 2011).



Glukosinolatlar; C ve E vitaminleri ile karotenoidler gibi doğrudan etki gösteren antioksidanlar olmayıp bunlar ve başta izotiyosiyanatlar olmak üzere diğer hidrolizasyon ürünleri, antioksidatif etki gösteren faz II enzimlerinin aktivitelerini tetikleyen bileşiklerdir (Yetim vd., 2009).

### 2.4. Fenolik Bileşiler

Fenolik bileşikler bitkilerde doğal olarak bulunan maddelerdir (Çam, 2009). Doğal antioksidanların en önemli gruplarını oluştururlar (Tunalıer vd., 2002). Bitkisel kökenli bütün gıdalarda farklı nitelikte ve miktarda çeşitli fenolik bileşikler bulunmaktadır (Belitz ve Grosch, 1995). Bitki fizyolojisinde büyüme, yapı, savunma, pigmentasyon, lignifikasyon gibi birçok olayda görev alırlar (Lattanzio, 2013).

Benzen halkasına bir veya daha fazla hidroksil gruplarının doğrudan bağlanmasıyla oluşan bileşiklerdir (Vermerris ve Nicholson, 2006). Hidroksi benzen çoğunlukla "fenol" adı ile bilinmektedir. Buna göre en basit fenolik bileşik, bir tane hidroksil grubu

içeren benzen yani fenoldür. Diğer tüm fenolik maddeler bunlardan türemişlerdir (Cemeroğlu vd., 2001). Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması Çizelge 2.3.'te gösterilmiştir (Wilfred ve Nicholson, 2008).

Polifenoller ise benzen halkasına birden fazla fenolik hidroksil gruplarının bağlanmasıyla meydana gelmektedir (Vermerris ve Nicholson, 2006). Polifenoller güçlü antioksidanlardır (Bravo, 1998; Garcia-Salas, 2010). Polifenoller; fenolik asitler ve flavonoidler şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Fenolik asitler de hidroksibenzoik asit grubu (gallik ve ellajik asit) ve hidroksisinnamik asit grubu (p-kumarik asit ve ferulik asit) olarak sınıflandırılırlar. Flavonoidler ise; flavonoller, isoflavonoidler, flavanoller, flavanonlar, antosiyanidinler ve flavonlar olmak üzere altı gruba ayrılmaktadır. Kuarsetin ve kaemferol flavonollara, genistein isoflavonoidlere, kateşin ve epigalaktokateşin/gallat flavanollara, hesperidin flavanonlara, pelargonidin ve siyanidin antosiyanidinlere ve krisin flavonlara dahildir (Yılmaz, 2010).

Fenolik bileşikler bitkiler için karakteristiktir ve genellikle serbest halde olmayıp ester veya glikozit formda bulunurlar (Vermerris ve Nicholson, 2006). Fenolik bileşikler, meyve ve sebzelere kendilerine özgü buruk tadını veren ikincil metabolitlerdir (Acar ve Gökmen, 1998). Fenolik bileşikler proteinlerle kompleks oluşturarak tortu yaparlar. Fenolik bileşiklerin bu özelliklerinden meyve suyu endüstrisinde meyve suyunun durultulması sırasında yararlanılmaktadır. Fenolik bileşikler, bitkilerin savunma mekanizmasında rol oynarlar ve virüs, parazit gibi çeşitli zararlılara karşı etki gösterirler (Bohn, 2014). Fenolik bileşiklerin düzenli tüketilmesi ile kanser (Thangapazham vd., 2006), yüksek kolesterol (Erlund vd., 2008), kronik kalp (Kris-Etherton vd., 2004), katarakt, diyabet (Demir, 2019) gibi hastalıkların ve yaşlanmanın (Fisher, 2015) önlenildiği görülmüştür. Fenolik bileşikler, kılcal dolaşım sisteminde geçirgenliği düzenleme ve kan basıncını düşürme gibi insan sağlığına olan olumlu etkileri nedeniyle P faktörü (permeabilite faktörü) veya P vitamini olarak da adlandırılmaktadırlar (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Bilinen 8000' den fazla fenolik bileşik çeşiti vardır (Cartea vd., 2011). Fenolik bileşiklerin bitkilerdeki varlıkları fizyolojik çeşitliliğe, çevre koşullarına, coğrafi değişimlere ve genetik faktörlere göre değişmektedir (Figueiredo vd., 2008). Fenolik bileşiklerin fiziksel özellikleri ve duyarlılıkları (Fang ve Bhandari, 2010). Çizelge 2.4.'

de bazı gıdalardaki fenolik bileşikler ve miktarları gösterilmiştir (King ve Young, 1999).

**Çizelge 2. 3.** Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

Polifenol Grubu	Bileşenler	Kaynak	Özellik
Antosiyanidinler	Siyanidin, delfinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin, petunidin ve glikozitleri.	Meyveler, çiçekler	Doğal pigmentlerdir; sıcaklığa, oksidasyona ve pH'ya karşı oldukça hassastırlar; suda çözünürler.
Kateşinler	Kateşin, epikateşin, gallokateşin, epigallokateşin ve epigallokateşin gallat	Çay	Oksidasyona ve ışığa karşı duyarlıdırlar; astrenjan ve tatları acıdır; suda az çözünürler.
Flavanonlar	Hesperetin, hesperidin, homoeriodictyol, naringenin, naringin	Turunçgiller	Oksidasyona, pH'ya ve ışığa karşı duyarlıdırlar; aglikonları suda çözünmez fakat glikozitleri suda çözünür.
Flavonoller	Kampferol, mirisetin, kuersetin ve glikozitleri	Meyve/Sebzeler	Oksidasyona, pH'ya ve ışığa duyarlıdırlar; aglikonları suda kısmen çözünür fakat glikozitleri suda çözünür.
Flavonlar	Apigenin, luteolin,	Meyve/Sebzeler	Doğal

	tangeritin		pigmetlerdir; oksidasyona ve pH'ya karşı hassastırlar; aglikonları suda kısmen çözünür fakat glikozitleri suda çözünür.
İzoflavonlar	Daidzein, genistein, glisitein	Soya fasulyesi, yer fıstığı	Alkali pH'ya hassastırlar; astrenjan ve tatları acıdır; soya kokuludur; suda çözünür.
Hidroksibenzoik asitler	Gallik asit, <i>p</i> -hidroksibenzoik, vanillik asit	Beriler (berries), çay, buğday	Sıcaklığa, oksidasyona, pH'ya ve ışığa karşı duyarlıdırlar; suda en fazla çözünendir.
Hidroksisinamik asitler	Kafeik asit, ferulik asit, <i>p</i> -kumarik asit, sinapik asit	Meyveler, yulaf, pirinç	Oksidasyona ve pH'ya karşı duyarlıdırlar; suda en az çözünendir.
Lignanlar	Pinoresinol, podofilotoxin, steganacin.	Keten, susam, sebzeler	Diğerlerine oranla normal şartlarda daha stabildir. Uygun olmayan tatları vardır; suda çözünürler.

**Çizelge 2. 4.** Bazı gıdalardaki fenolik bileşikler ve miktarları

Sınıflar	Fitokimyasal	Gıda	Miktar (mg/kg)
Flavonoller	Kuersetin, kampferol, mirisetin	Zeytin	270 – 830
		Soğan	347
		Lahana	321
		Marul	308
		Kranberi	249
		Çeri domates	17 – 203
		Brokoli	102
		Elma	21 – 72
		Yeşil/Sarı Fasulye	49
		Turp	48
		Yabani marul	46
		Çay, yeşil yapraklar	30 – 45 g/kg KB
		Elma suyu	6 – 52
Çay, siyah içecek	20		
Flavonlar	Apigenin, luteolin	Kereviz	130
		Zeytin	6 - 29

Miktarlar mg/kg olarak verilmiştir. KB = Kuru ağırlık. Miktarlar belirtildiği gruptaki toplam miktarı göstermektedir.

#### 2.4.1. Fenolik asitler

Fenolik asitler, kimyasal yönden hidroksisinnamik (sinamik) ve hidroksibenzoik (benzoik) asitler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Benzoik asit türevleri sinnamik asit türevlerine göre çok daha az miktarda bulunurlar veya hiç bulunmazlar (Acar, 1998; Cemeroglu vd., 2001). Fenolik asitlerin genel yapısı Şekil 2.2. ' de gösterilmiştir (Nizamlioglu ve Nas, 2010).

Asit	R1	R2	R3	Asit	R1	R2	R3
<i>p</i> -Hidroksibenzoik	H	OH	H	<i>p</i> -Kumarik	H	OH	H
Pirokate şük	H	OH	OH	Kafeik	H	OH	OH
Vanilik	CH <sub>3</sub> O	OH	H	Ferulik	CH <sub>3</sub> O	OH	H
Siringik	CH <sub>3</sub> O	OH	CH <sub>3</sub> O	Sinapik	CH <sub>3</sub> O	OH	CH <sub>3</sub> O
Gallik	OH	OH	OH				

**Şekil 2. 2.** Fenolik asitlerin genel yapısı a)Benzoik asit türevleri b)Sinamik asit türevleri

Hidroksibenzoik asitler C<sub>6</sub> - C<sub>1</sub> fenilmetan yapısındadır (Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Salisilik asit, *m*-hidroksibenzoik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, gallik ve vanilik asit hidroksibenzoik asit türevleridir (Ho, 1991). Çizelge 2.5.' de bazı gıdalardaki hidroksibenzoik asit ve miktarları gösterilmiştir (King ve Young, 1999).

**Çizelge 2. 5.** Bazı gıdalardaki hidroksibenzoik asit ve miktarları

Gıda	Miktar (mg/kg)
Ahududu	19 – 102
Çilek	21 – 89
Siyah üzüm suyu	79

Miktarlar mg/kg olarak verilmiştir. KB = Kuru ağırlık. Miktarlar belirtildiği gruptaki toplam miktarı göstermektedir.

Hidroksisinamik asitler ise C<sub>6</sub> - C<sub>3</sub> (fenilpropan) yapısındadır (Nizamlioğlu ve Nas, 2010). kafeik asit, *o*-kumarik asit, *p*-kumarik asit, klorojenik asit, *t*-sinnamik asit, hidrosinamik asit türevleridir (Ho, 1991). Çizelge 2.6.' da bazı gıdalardaki hidroksisinamik asitler ve miktarları gösterilmiştir (King ve Young, 1999).

**Çizelge 2. 6.** Bazı gıdalardaki hidroksisünamik asitler ve miktarları

Gıda	Miktar (mg/kg)
Yaban mersini	1881 – 2112
Vişne	290 – 1280
Armut	44 – 1270
Elma	2 – 258
Portakal	21 – 182
Patates	100 – 190
Greyfurt	25 – 60
Vişne suyu	124
Elma suyu	9 – 114
Kahve çekirdeği	56 g / kg KB

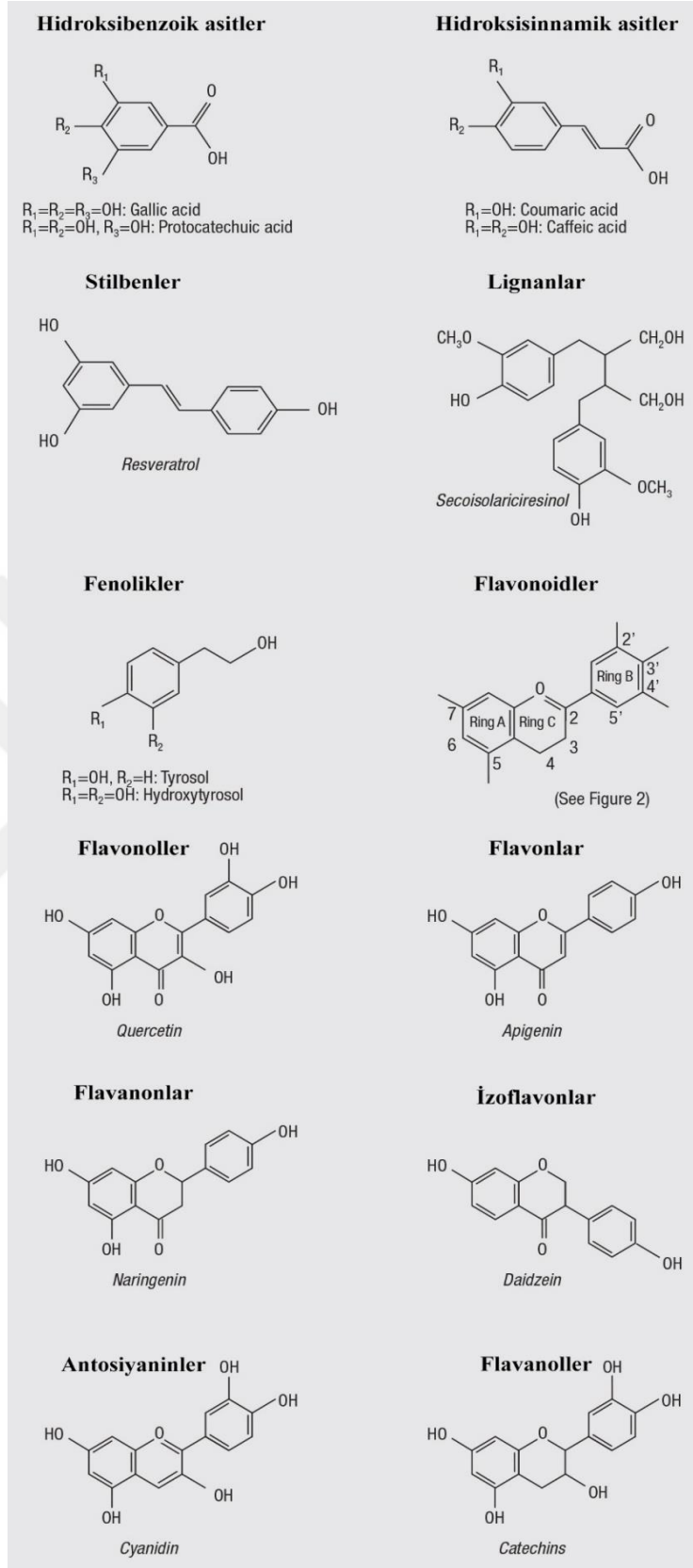
Miktarlar mg/kg olarak verilmiştir. KB = Kuru ağırlık. Miktarlar belirtildiği gruptaki toplam miktarı göstermektedir.

#### **2.4.2. Flavonoidler**

Flavonoidler, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan ve bitkilerde bulunan düşük molekül ağırlıklı doğal bileşiklerdir (Feliccia vd., 1997; Sghaiera vd., 2011).

Bitki fenollerinin en yaygın ve en fazla sayıda bulunan sınıfıdır (King and Young 1999). Yaklaşık 6500 farklı flavonoid bilinmektedir (Saldamlı vd., 2007). Farklı flavonoidlerin kimyasal yapıları Şekil 2.3.' de gösterilmiştir (Archivio vd., 2007).

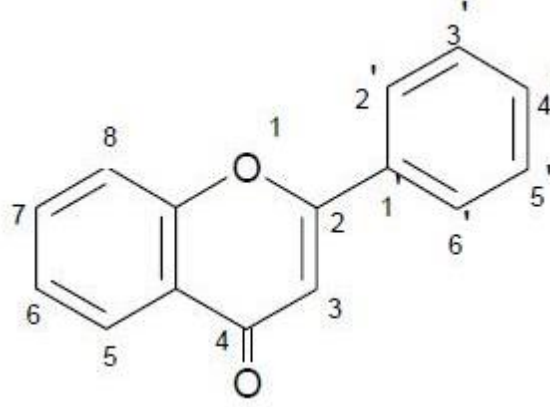
Değişik flavonoidler arasındaki farklar; bağlanan hidrosil gruplarının sayısından, doymamışlık derecesinden ve üçlü karbon segmentinin oksidasyon düzeyinden kaynaklanmaktadır (Saldamlı vd., 2007).



Şekil 2. 3. Farklı flavonoidlerin kimyasal yapıları

Flavonoidlerin karbon iskeleti, iki fenil halkasının propan zinciri ile birleşmesinden oluşan ve 15 karbon atomu içeren, difenilpropan ( $C_6 - C_3 - C_6$ ) yapısındadır.

Flavonoidin hangi sınıfta yer alacağını bağlanma biçimi belirlemektedir (Vermerris ve Nicholson, 2006). Şekil 2.4.' de flavonoidlerin genel yapısı gösterilmiştir (Fraga, 2010).



**Şekil 2. 4.** Flavonoidlerin genel yapısı

Temel kaynakları, meyveler, sebzeler, içecekler, kahve çekirdeği, soya ürünleri ve baharatlardır (Viskupicova vd., 2008; Sultana ve Anwar, 2008). Çizelge 2.7.' de gıdalarda bulunan flavonoidler gösterilmiştir (Hollman vd., 1996).

Bu sebze ve meyvelerin günlük diyetlerle tüketilmesi, bir antioksidan kapasite oluşturulması açısından önemlidir (Weber vd., 1997). Flavonoidlerin güçlü antioksidan özellikleri kimyasal yapı özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Yapılarındaki benzen halkasının hidroksil grupları sayesinde iyonlaşmaları kolay olabilmekte uygun pH'da bu iyonlaşma kabiliyetleri onların yüklü metal gruplarına bağlanmalarını sağlamakta ve onların olumsuz etkilerini ortadan kaldırarak adeta radikalleri ortadan kaldırmaktadırlar. Halkasal aromatik yapıları onlara güçlü inert bir yapı oluşturur ve böylece kararlı olarak reaksiyonda kalabilir ve antioksidan ve şelatlama sonrası bozunmadan kalabilirler (Cam ve Hışıl 2003).

Flavonoidler, antialerjik, antiinflamasyon, antiviral, antiproliferatif (çoğalmayı önleyici) aktiviteye sahip bileşikler olarak bilinmektedir (Harborne vd., 1994).

Flavonoidler genel olarak 6 temel flavonoid sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar;

1- Flavonlar

2- Flavanonlar

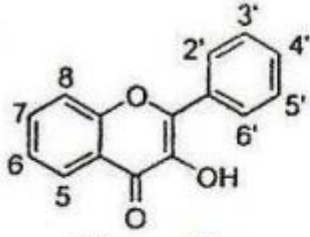
- 3- Flavonoller
- 4- İsoflavonoidler
- 5- Antosiyaninler
- 6- Flavanoller (Peterson ve Dwyer, 1998).

**Çizelge 2. 7.** Gıdalarda bulunan flavonoidler

Flovonoidler	Gıda
Flavonlar	Maydanoz, kekik
Flavonollar	Soğan, brokoli, elma, kiraz, kıvırcık, üzüksü meyveler, çay, kırmızı şarap
Flavanonlar	Turunçgiller
Kateşinler	Çay, elma
Antosiyanidinler	Kiraz, Üzüm
İzaflavonlar	Soya fasulyesi, baklagiller

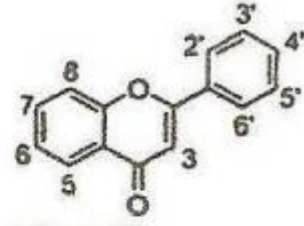
#### 2.4.2.1. Flavonlar ve Flavonollar

Orta halkanın 3. pozisyonundaki karbon atomuna bağlı grubun değişik olmasından dolayı Flavon ve flavonolların kimyasal yapıları farklıdır. flavonlarda (H), flavonollarda (OH) grubu bağlanmıştır (Cemeroğlu vd., 2001). Flavonlarda flavan halkası C4 pozisyonundan okside olmuş durumdadır ve çift bağ (C2=C3) içermektedir. C3 atomuna hidroksil grubunun bağlanması ile ise flavonoller oluşmaktadır (Nizamlioglu ve Nas, 2010). Flavon glikozitleri ve flavonlar her bitkide bulunan sarı renge sahip bileşiklerdir. Çizelge 2.9.'da bazı sebze meyve ve içeceklerin flavonol ve flavon içerikleri verilmiştir (Hertog vd., 1993; Hollmann vd., 1996). Sakinleştirici, kas gevşetici ve anksiyolitik etkiye sahiptir ( Kolaç, Gürbüz, Yetiş, 2017). Şekil 2.5.' de başlıca flavonlar ve flavonolların kimyasal yapıları gösterilmiştir (Robards vd., 1999).



### Flavonollar

- Fisetin 7=3'=4'=OH  
 Kamferol 5=7=4'=OH  
 Morin 5=7=2'=4'=OH  
 Herbasetin 5=7=8=4'=OH  
 Kuersetin 5=7=3'=4'=OH  
 Robinetin 7=3'=4'=5'=OH  
 Isorhamnetin 5=7=4'=OH, 3'=OCH<sub>3</sub>  
 Mirisetin 5=7=3'=4'=5'=OH  
 Gosipetin 5=7=8=3'=4'=OH



### Flavonlar

- Apigenin 5=7=4'=OH  
 Luteolin 5=7=3'=4'=OH  
 Diosmetin 5=7=3'=OH, 4'=OCH<sub>3</sub>  
 Trisin 5=7=4'=OH, 3'=5'=OCH<sub>3</sub>  
 Sinensetin 5=6=7=3'=4'=OCH<sub>3</sub>  
 Tangeretin 5=6=7=8=4'=OCH<sub>3</sub>  
 Nobiletin 5=6=7=8=3'=4'=OCH<sub>3</sub>  
 Isovitexin 5=7=4'=OH, 6 = Glukoz

### Flavonol glikozitler

- Rutin kuersetin-3-O-ramnosilglukozit  
 Hiperin kuersetin-3-O-β-D-galaktopiranosit

Şekil 2. 5. Başlıca flavonlar ve flavonolların kimyasal yapıları

Flavon ve flavonol glikozitlerinin renkleri açık sarı olup hemen her bitkide bulunurlar (Acar, 1998). Çizelge 2.8.' de flavon ve flavonol sınıflandırılması ve gıda kaynağı gösterilmiştir (Arts vd., 1999; Wang vd., 2009).

Çizelge 2. 8. Flavon ve flavonol Sınıflandırılması ve gıda kaynağı

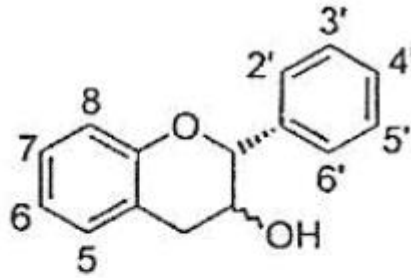
Sınıf	Gıda kaynağı
Flavon	Meyve çeşitleri, kırmızı şarap, karabuğday, domates, kırmızıbiber
Flavonol	Soğan, kırmızı şarap, zeytinyağı, dutsu meyveler, greyfurt

**Çizelge 2. 9.** Bazı sebze meyve ve içeceklerin flavanol ve flavon içerikleri

Flavanol ve flavon içeriği	Gıda
Düşük (< 10 mg/kg veya < 10 mg/L)	Lahana, ıspanak, havuç, bezelye, mantar, şeftali, çilek, portakal suyu, beyaz şarap, demli kahve
Orta (< 50 mg/kg veya < 50 mg/L)	Marul, bakla, kırmızıbiber, domates, elma, üzüm, kiraz
Yüksek (>50 mg/kg veya 50 mg/L)	Domates suyu, kırmızı şarap, çay içecekleri Brokoli, hindiba, karalahana, fransız fasulyesi, kereviz, soğan, yabanmersini

#### 2.4.2.2. Flavanol

Hidroksil gruplarıyla doymuş 3-C zincirine sahip olan flavonoidlere flavanol denmektedir (Cemeroğlu vd., 2001). En önemlileri kateşin ve epikateşindir. Kateşin ve epikateşinin gallik asitle kombinasyonları sonucu kateşin ve epikateşin gallatlar meydana gelir (Yıldız, 2007)



**Flavanol**

**Kateşin (2R, 3S) 5=7=3'=4'=OH**

**Epikateşin (2R, 3R) 5=7=3'=4'=OH**

**Epigallokateşin (2R, 3R) 5=7=3'=4'=5'=OH**

**Epikateşin gallat (2R, 3R) 5=7=3'=4'=OH**

**3-gallik asit ester**

**Epigallokateşin gallat (2R, 3R) 5=7=3'=4'=5'=OH**

**3-gallik asit ester**

**Şekil 2. 6.** Flavanollerin kimyasal yapıları

eyve çeşitleri, çay, çikolatada bulunmaktadır (Arts vd., 1999; Wang vd., 2009).

Çizelge 2.10.'da bazı gıdalardaki fenolik bileşikler ve miktarları gösterilmiştir (King ve Young, 1999).

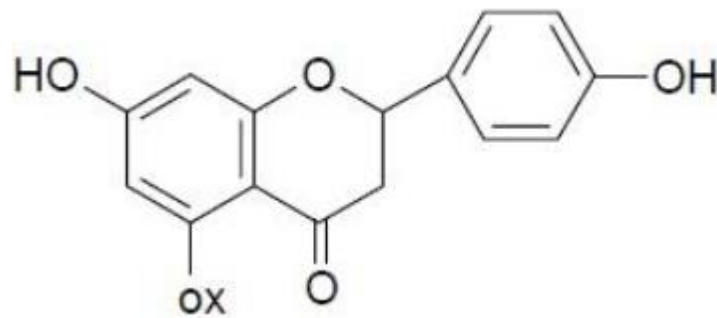
**Çizelge 2. 10.** Bazı gıdalardaki fenolik bileşikler ve miktarları

Sınıflar	Fitokimyasal	Gıda	Miktar (mg/kg)
Flavanoller	Kateşin, epikateşin	Armut	70 – 420
		Çay, yeşil yapraklar	128 – 226 g/kg KB
		Elma	23 – 30
		Üzüm suyu, yeşil	110

Miktarlar mg/kg olarak verilmiştir. KB = Kuru ağırlık. Miktarlar belirtildiği gruptaki toplam miktarı göstermektedir.

#### 2.4.2.3. Flavanonlar

Ortadaki halkada çift bağ bulunmaz (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010). Şekil 2.7.'de flavanonların kimyasal yapısı verilmiştir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010). En önemlileri eriodiktol, naringenin, naringin, hesperidin ve hesperetin'dir. Naringin naringenin, hesperidin hesperetin'in glikozitidir (Yıldız, 2007). Turunçgiller ve limonda yaygın olarak bulunmaktadır (Arts vd., 1999; Wang vd., 2009).



**Şekil 2. 7.** Flavanonların kimyasal yapısı

#### **2.4.2.4. İzoflavonlar**

Kuru fasulye, baklagiller ve soya ezmesi ile soya sütünün izoflavonlar açısından zengin olduğu bilinmektedir (Rad vd., 1997).

#### **2.4.2.5. Antosiyaninler**

Antosiyanidinler doğada serbest halde bulunmamakta, herhangi bir şekerle esterleşmiş halde bulunmaktadır. Antosiyanidinlerin bu glikozitleri antosiyaninler olarak adlandırılmaktadır (Cemeroğlu vd., 2001). Çiçeklere ve meyvelere kırmızı, mavi ve mor renkleri veren, suda çözülebilen en önemli bitki pigment sınıfıdır (Bravo, 1998; Yıldız, 2007).

Antosiyaninler gıda olarak tüketilen tahıllar, kökler ve yeşil sebzelerde bulunmasına rağmen özellikle meyvelerle ilişkilidir. Elma, armut, kayısı, şeftali, erik meyvelerinde daha çok kabuğunda yoğunlaşmaktadır. Yumuşak meyvelerde üzüksü meyveler gibi, hem meyve etinde hem de kabukta bulunabilirler. Sebzelerde en önemli antosiyanin kaynakları (genellikle kırmızı) fasulye, lahana, soğan, kırmızı turp ve raventir. Antosiyaninler meşrubat ve diğer gıda ürünlerinde renklendirici olarak da kullanılır (Peterson ve Dwyer, 1998). Birçok bitkiye pembeden mora kadar değişik tonlarda renk verir ve bitkilerde tozlaşma, üreme, savunma, antioksidan etki ve UV ışınlarından korunma gibi olaylarda görev almaktadır (Atak ve Uslu, 2018).

### **2.5. Radikaller ve Antioksidanlar**

Dış yörüngelerinde eşleşmemiş elektronu bulunan moleküllere serbest radikaller denir. Bu tip maddeler, eşleşmemiş elektronları olması sebebiyle oldukça reaktiftirler (Göneç vd., 2002). Serbest radikaller küçük moleküllerdir, düşük aktivasyon enerjisine sahiptirler ve kısa ömürlüdürler. Boyutlarının küçük olması hücre membranlarından kolaylıkla geçmelerine olanak sağlar (Jensen, 2003). Çizelge 2.11.'de serbest radikaller gösterilmiştir (Kayış 2010).

Vücutta doğal yollarla serbest radikaller oluşmaktadır (Gök vd., 2006). Fakat bunların aşırı miktarda oluşması oksidatif stres, erken yaşlanma, hücre fonksiyonlarının ve

biyokimyasal moleküllerin yapılarının bozulması ile beraber pek çok patolojik rahatsızlıkların oluşmasına sebep olur (Nordberg and Arner, 2001). Ayrıca çok sayıda ölümcül hastalığın (astım, damar tıkanıklığı, kronik akciğer, şeker, beyin damar hasarı, kalp, hipertansiyon, grip, miyokardial enfarktüsü, zatüre, vb. hastalık) oluşumunu tetikleyen durum ortaya çıkar (Scheibmeir et al., 2005). Bitki dokularında gerçekleşen oksidatif bozulmalar ise, yağların parçalanmasına, acılaşmaya, kötü tat ve kokuların oluşmasına ve ürünün raf ömrü ve besin değerini azaltan diğer reaksiyonlara neden olurlar (Zhang vd., 2009; Akış, 2010).

Oksijen insan yaşamı için çok elzem olmasına karşın, normal metabolizma sırasında üretilen bazı reaktif oksijen türleri vücuda yoğun bir zarar verme potansiyeline sahiptir (Diplock, 1998). Buna ek olarak radyasyon, gazlar, ağır metaller, herbisitler, pestisitler gibi çevre kirleticiler ya da tedavi amacı ile alınan ilaçlar gibi bazı dış etkenlerin etkisi ile serbest radikaller oluşmaktadır (Tosun ve Yüksek, 2003).

**Çizelge 2. 11. Serbest radikaller**

Serbest Radikaller	
Süperoksit	Hidrojen peroksit
Hidroksil	Hipoloröz asit
Peroksil	Ozon
Alkoksil	Singlet oksijen
Hidroperoksit	Peroksinitrit
Nitrik asit	Hidroperoksit

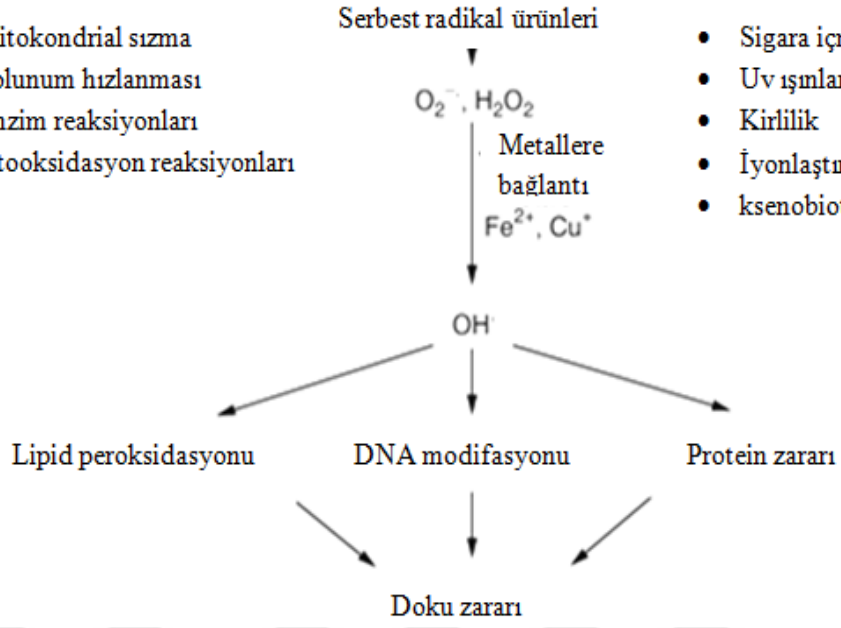
Serbest radikal oluşturan kaynaklar; parakuat (1,1'dimethyl-4,4'dipyridylum), alloksan, gibi kimyasalların etkisi altında kalma; karbon tetraklorür (CCl<sub>4</sub>), parasetamol gibi ilaç toksikasyonları, iyonize edici ışık ve ultraviyole radyasyon, hava kirliliği yapan fitokimyasal maddeler, sigara dumanı, solventler gibi çevresel faktörler, antineoplastik ajanlar, alkol ve uyuşturucu gibi alışkanlık yapıcı maddelerdir (Meral vd., 2012). Şekil 2.8.'de vücuttaki serbest radikallerin ana kaynakları ve zararları gösterilmiştir (Young ve Woodside, 2001).

#### Endojen kaynaklar

- Mitokondrial sızma
- Solunum hızlanması
- Enzim reaksiyonları
- Otoksidasyon reaksiyonları

#### Çevresel kaynaklar

- Sigara içmek
- Uv ışınları
- Kirlilik
- İyonlaştırıcı radyasyon
- ksenobiotik



**Şekil 2. 8.** Vücuttaki serbest radikallerin ana kaynakları ve zararları

Antioksidanlar, reaktif türlerin olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltabilen bileşiklerdir (Halliveel ve Aruoma, 1991). Antioksidanlar, dört farklı mekanizma ile oksidanları etkisizleştirir (Memişoğulları, 2005).

- 1- Temizleme (Scavenging) etkisi: Oksidanları zayıf bir moleküle çevirme şeklinde meydana gelmektedir.
- 2- Baskılama (Quencher) etkisi: Bu etki, oksidan maddelere bir hidrojen aktararak etkisiz hale getirme şeklinde olmaktadır ve çoğunlukla flavonoidler tarafından yapılmaktadır.
- 3- Onarma etkisi: Oksidanların oluşturduğu hasarı ortadan kaldırma şeklinde etki göstermektedirler.
- 4- Zincir koparma etkisi: Oksidanları bağlayarak fonksiyonlarını engelleyen bu etki hemoglobin ve E vitamini tarafından yapılır (Meral vd., 2012).

Antioksidanlar çalışma mekanizmalarına göre, metabolizmadaki radikallerle reaksiyona girmesi sonucu serbest radikal oluşumuna engel olan birincil antioksidanlar ve oksijen radikalini yakalayıp stabilize eden ikincil antioksidanlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz ve 14 katalaz gibi enzimler

birincil antioksidanlar iken C vitamini, E vitamini, ürik asit, bilirubin ve polifenoller gibi bileşikler ikincil antioksidanlara örnektir (Koca ve Karadeniz, 2013).

Gıdaların yapısında bulunan vitamin (A, C ve E) ve mineraller (selenyum gibi) besin ögesi antioksidanlardır. Fitokimyasallar besin ögesi olmayan antioksidanlar olarak tanımlanırlar. Bazılarının (kateşin, kuersetin, tanen, ellajik asit, klorojenik asit, siyanidin gibi) güçlü antioksidan etki gösterdiği, binlerce fitokimyasal vardır (Alasalvar and Shahidi, 2009). Hastalıkları önlemek tedavi etmekten çok daha önemli olduğu için, gıdalardaki ve bitkilerdeki besleyici faktörler insan sağlığı için oldukça önemlidir (Moure vd., 2001). Yapılan pek çok araştırmada meyve ve sebze tüketimi ile belirli kanser ve kalp hastalıklarının oluşumu arasında ters orantılı bir ilişki olduğu saptanmıştır (Rice-İvens vd., 1997).

**Çizelge 2. 12.** Oksidan ve antioksidan savunma örnekleri

Oksidan	Antioksidan savunma
Sigara dumanı	Süperoksit dismutaz
Egzersiz	Katalaz
Çevre kirleticiler	Glutatiyon peroksidaz
Ateşli hastalıklar	Glutatiyon
Radyasyon	Ubikinon
Çoklu doymamış yağ asitleri ile zengin bir diyet	Selenyum
İskemi	Ürik asit
Karsinojenler	E vitamini
	C vitamini
	β-karoten ve diğer karotenoidler

Antioksidan bileşikler içeren meyve ve sebzelerin yanı sıra geleneksel olarak tıbbi amaçla kullanılan ve şifalı bitkiler olarak bilinen bitki türlerinin insan sağlığı açısından önemi oldukça yüksektir. Antioksidanların, yiyeceklerde veya vücutta düşük derişimlerde bulunduğu zaman, oksidasyonu önemli derecede engelleyici ve geciktirici oldukları belirtilmiştir (Halliwell vd., 1995). Çizelge 2.12.' de oksidan ve antioksidan savunma örnekleri gösterilmiştir (Koca ve Karadeniz, 2003).

Antioksidan kapasitenin ölçülmesi için hidrojen atomu transfer reaksiyonlarına dayanan yöntemler ve elektron transferine dayanan yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Hidrojen atomu transfer reaksiyonlarına dayanan yöntemler; oksijen radikal absorban kapasite (ORAC), toplam radikal yakalayıcı antioksidan parametre (TRAP) ve krosin beyazlatma yöntemleridir. Bu yöntemlerin çoğunda azo-bileşiklerinin bozulması ile oluşan peroksil radikalleri için antioksidan ve substratın rekabetine dayanan yarışmacı reaksiyonları kullanılmaktadır. Elektron transferi temelli yöntemler ise toplam Folin-Ciocalteu ayırıcı ile toplam fenolik yöntemi, Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC), demir iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP), oksidan olarak bakır (II) kullanan toplam antioksidan potansiyel yöntemi (CUPRAC) ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Elektron transferi temelli yöntemlerde ise antioksidanın oksidantı indirgeme yeteneği renk değişimi ile ölçülür (Albayrak vd., 2010).

### **2.5.1. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Radikal Giderme Yöntemi**

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) kararlı olup ticari olarak satılan bir radikaldir. Organik nitrojen radikali olarak bilinmektedir (Büyüktuncel, 2013). UV-VIS absorpsiyon maksimumu 517 nm'dir. Etanoldeki çözeltisi koyu menekşe renktedir (Gülçin, 2012). DPPH yöntemi basit ve hızlıdır. Doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar verir. DPPH ışık hava, oksijen, nem ve pH'tan çok kolay etkilenir ve bu etkilenmenin yarattığı stearik engellemelerin reaksiyonu yavaşlatması nedeniyle deneysel sonuç almak zorlaşabilir (Büyüktuncel, 2013).

### **2.6. Ekstraksiyon**

Ekstraksiyon, karışımda bulunan sabit basınç ve sıcaklıktaki bir maddenin çözünürlük özelliklerinden faydalanılarak katı ya da sıvı fazda bulunan bileşenlerin sıvı faza alınması işlemidir (Yağcıoğlu, 2015). Diğer bir tanımla ekstraksiyon; bitki veya hayvan dokularındaki biyoaktif bileşenlerin seçici çözücüler yardımıyla inört veya inaktif kısımlardan ayrılmasını içeren işlemlerdir (Şengül ve Topdaş, 2019).

Ekstraksiyon işlemi katı-sıvı ekstraksiyonu veya sıvı-sıvı ekstraksiyonu olarak iki şekilde gerçekleşir. Ekstrakte edilecek bileşen katı ortamda ise katı-sıvı ekstraksiyonu, sıvı

ortamda ise sıvı-sıvı ekstraksiyonu olarak tanımlanır. Sıvı-sıvı ekstraksiyonu; bir çözeltilinin içerisinde çözülmüş halde bulunan maddenin çözeltiliye karışmayan başka bir sıvı olan çözücü ile temas ettirilerek ayrıştırılması işlemidir (Sarıtış, 2018). Sıvı-sıvı ekstraksiyonu kimya, petrol rafinerileri ve farmasötik endüstrilerinde yaygın olarak uygulanır. Katı- sıvı ekstraksiyonunda öğütülmüş katı örnek, sıvı çözücü ile muamele edilir ve katı matriks sıvı çözücüye geçer (Yağcıoğlu, 2015).

İyi bir ekstraksiyon ucuz, kolay, hızlı, güvenilir ve çevreci olmalıdır. Yüksek verim elde edilmek istenilen ekstraksiyon işleminde çözücü türü, çözücü oranı, basınç, sıcaklık, süre, katı-sıvı oranları gibi birçok parametre bulunmaktadır (Şengül ve Topdaş, 2019; Özgüner Kabak, 2019). En yaygın olarak kullanılan çözümler metanol, etanol, aseton, hekzandır (Yağcıoğlu, 2015).

### **2.6.1. Bitkisel Kaynaklardan Fenolik Madde Ekstraksiyonu**

Fenolik bileşikler taze, dondurulmuş veya kurutulmuş bitki örneklerinden elde edilir. Numuneler ekstraksiyondan önce havayla veya dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulur. Daha sonra numunelere öğütme, ezme ve homojenizasyon gibi işlemler uygulanır.

Fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunda çözümler seçimi oldukça önemlidir. Çözümler seçiminde ucuz, toksik olmayan, yanmaz ve uçucu olmayan özellikler taşıyan çözümlerin kullanılması gerekir (Ünver, 2018). Fenolik maddelerin ekstraksiyonunda metil alkol, etil alkol, aseton, su, etil asetat, propanol ve bu çözümlerin karışımları sıklıkla kullanılmaktadır

Bitkilerden fenolik bileşiklerin elde edilmesi için farklı ekstraksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler geleneksel yöntemler ve geleneksel yöntemlere alternatif olarak geliştirilen yeni yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Klasik çözümler ekstraksiyonu geleneksel ekstraksiyon yöntemlerindedir. Ultrason destekli, vurgulu elektrik alan, mikrodalga destekli, ohmik ısıtma, süperkritik akışkan ekstraksiyon, hızlandırılmış ekstraksiyon sistemleri, elektrik alanı destekli ekstraksiyon gibi yöntemler geliştirilen yeni yöntemlerden bazılarıdır (Şengül ve Topdaş, 2019; Özgüner Kabak, 2019; Bediz, 2019). Son yıllarda sentetik ve organik kimyasalların

kullanımının azalması, işleme süresinin kısalması, daha iyi verim ve kalite elde edilmesi amacıyla çevre dostu modern ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmiştir (Bediz, 2019). Bu yöntemlerden bazıları ABD Çevre Koruma Kurumu tarafından belirlenen standartlara uyduğu için 'yeşil teknikler' olarak adlandırılmaktadır (Şengül ve Topdaş, 2019).

Fenolik bileşikler gibi maddelerin elde edilmesinde kullanılan geleneksel ekstraksiyon tekniklerinin süresinin uzun olması, düşük seçiciliğe ve düşük verime sahip olmaları, toksik çözügen kullanımı, ilave uygulanacak çözügen uzaklaştırma prosesi ve sıcaklığa hassas bileşenlerin termal bozunumu gibi olumsuzlukların giderilme çabaları gibi olumsuz özelliklerinden dolayı yeni ekstraksiyon yöntemlerine eğilim giderek artmıştır (Yağcıoğlu, 2015).

Bu tezde fenolik bileşiklerin eldesinde geleneksel ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha hassas, seçici, hızlı ve çevre dostu olması yanında yüksek ekstrakt verimi sağlaması gibi avantajları ile son yıllarda dikkat çeken ultrason destekli ekstraksiyonun ve mikrodalga destekli ekstraksiyonun incelenmesi amaçlanmaktadır.

### **2.6.2. Klasik ekstraksiyon (Geleneksel ekstraksiyon)**

Klasik ekstraksiyon, diğer bir deyişle katı-sıvı ekstraksiyonu temel olarak, öğütülmüş katı örnek sıvı çözücü ile muamele edilerek katı matriksin sıvı çözücüye geçmesi ve fazlar ayrıldıktan sonra çözücünün uzaklaştırılması işlemidir (Yağcıoğlu, 2015; Ünver, 2018; Özgüner Kabak, 2019).

Numune ile çözücünün teması sonrası, ekstrakt hammaddeden ayrılırken bir miktar çözünmüş bileşik içeren çözücü de hammadde dokusunda kalmaktadır bu yüzden klasik ekstraksiyonda numuneden tek seferde, %100 verimle ekstraksiyon gerçekleşmesi mümkün değildir. İdeal bir ekstraksiyon verimi için işlemin 2-3 kez tekrarlanması önerilir (Ünver, 2018).

Alberti vd. (2014), “Yanıt Yüzey Yöntemi Kullanarak Elmadan Fenolik Madde Ekstraksiyonu Optimizasyonu” konulu makalesinde teorik olarak elmadaki toplam fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu incelemiştir. Üç bağımsız değişken olan zaman (10-20 dakika), sıcaklık (10-40 °C) ve çözücü konsantrasyonu (% 70-99.9 metanol ve

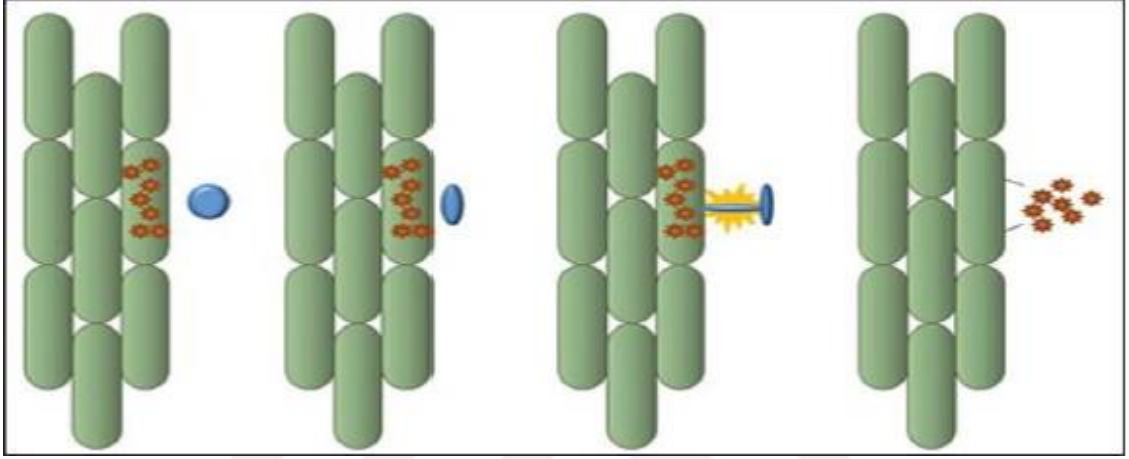
%50-80 aseton) etkisinin yanı sıra DPPH ve FRAP ile ölçülen toplam flavonoidler ve antioksidan kapasite üzerindeki incelemişlerdir. Toplam fenolik içerik, toplam flavonoid bileşikleri ve antioksidan kapasiteyi arttırmak için değişkenlerin en iyi kombinasyonları 28 °C' de %84.5 metanol ile 15 dakika ekstraksiyon ve 10 °C' de % 65 aseton ile 20 dakika ekstraksiyon olarak tespit etmişlerdir. Özetle aseton ile gerçekleştirilmiş olan ekstraksiyonların çoğunda daha fazla biyoaktif bileşen ekstrakte edilebilmiş, dolayısıyla daha yüksek antioksidan kapasite tespit etmişlerdir.

“Yanıt Yüzey Yöntemi Kullanılarak Kestane Tohumu Kabuğundan Antioksidan Ekstraksiyonu Optimizasyonu” konulu makalede teorik olarak kestane kabuğundaki toplam fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu üzerindeki üç bağımsız değişken olan sıcaklık (25-75 °C), zaman (30-120 dakika) ve çözücü konsantrasyonu (% 50-90) etkisinin yanı sıra ekstraksiyon verimi, antioksidan aktivite (FRAP, DPPH, ABTS metodları ile) ve ortalama molekül ağırlıklarını incelemişlerdir. Çözücü olarak etanol ve metanol olmak üzere iki çözücü seçmişlerdir. Sıcaklık ve çözücü konsantrasyonlarının tüm ölçümler üzerinde etkili olduğunu ancak zamanın etkisinin önemsiz derecede az olduğunu tespit etmişlerdir. Optimum ekstraksiyon koşulları metanolün çözücü olarak kullanıldığı deneylerde değişkenlerin en iyi kombinasyonları 75°C 'de 75 dakika boyunca % 50 metanol konsantrasyonu ile gerçekleştirilen ve çözücü olarak etanolün kullanıldığı deneylerde ise 75°C' de 30 dakika boyunca % 50 etanol olarak tespit edilmiştir. Bu koşullarda metanol ile gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda % 18.95 verim elde edilmiş, toplam fenolik madde miktarı 36.32 g GAE/100 g ekstrakt olarak tespit edilmiştir. Etanol ile optimum koşullarda gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda ise % 17.95 verim elde edilmiş, toplam fenolik madde miktarını ise 26.11 g GAE/100 g ekstrakt olarak bulmuşlardır (Vazquez vd., 2012).

### **2.6.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon**

İnsanların duyabileceği ses dalgaları 20 Hz ile 20 kHz arasındadır. Ultrasonik ses dalgaları insanın işittiği frekans aralığının üzerindeki ses dalgalarıdır (Yaman ve Kuleaşan, 2016). Ultrason uygulamalarının yapıldığı frekans değerleri 20 kHz ile 100 kHz arasındadır (Yılmaz, 2011). Gıda sanayinde ultrason uygulamaları ise genellikle 20 kHz ile 1 MHz arasındadır (Yağcıoğlu, 2015).

Ultrasonik uygulama, hücre duvarlarını mekanik olarak parçalar ve materyal aktarımını sağlar. Hücre duvarının yıkılmasıyla hücre içindeki sıvı ekstrat hücre dışına kolayca çıkabilmektedir. Ultrason uygulamasıyla hücre duvarı zedelendiğinden, bu yöntemle yapılan ekstraksiyon işlemi diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre çok daha hızlıdır (Alifakı vd., 2018). Şekil 2.9.' da ultrason destekli ekstraksiyonun etki mekanizması gösterilmiştir.



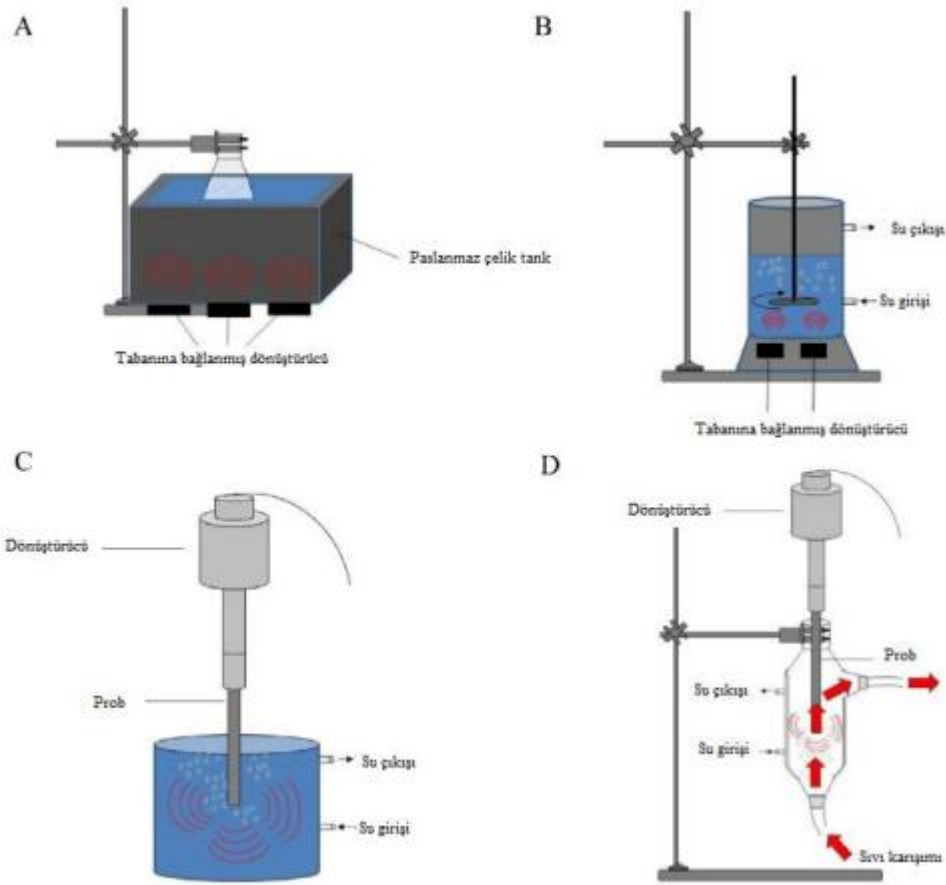
**Şekil 2. 9.** Ultrason destekli ekstraksiyonun etki mekanizmasının gösterimi

Ultrason kullanımı enerji miktarına bağlı olarak yüksek yoğunluklu ve düşük yoğunluklu olmak üzere iki gruba ayrılır (Bediz, 2019). Düşük yoğunluklu ultrases 5-10 MHz arası yüksek frekanslarda ve  $1 \text{ W/cm}^2$  altındaki düşük yoğunluklarda uygulanır. Düşük enerjili uygulamada çok düşük bir enerji açığa çıkar böylece dalganın geçtiği materyal içinde fiziksel ve kimyasal hiçbir değişiklik olmaz bu yüzden gıdanın fizikokimyasal özelliklerinin (sertliği, olgunluğu, kompozisyonu) belirlenmesinde yaygın olarak kullanılır (Özgüner Kabak 2019; Yaman ve Kuleaşan, 2016). Yüksek yoğunluklu ultrases, düşük frekans (16-100 kHz) ve yüksek güç ( $10-1000 \text{ W/cm}^2$ ) özelliklerine sahiptir. Uygulanan gıdanın özelliklerini fiziksel veya kimyasal olarak değiştirebilir. Yüksek yoğunluklu ultrason numune hazırlama işlemini hızlandırmak ve verimi arttırmak için kullanılır (Bediz, 2019). Yüksek enerjili ultrases gıda endüstrisinde ekstraksiyon, homojenizasyon, emülsiyon oluşturma, donmuş gıdaları çözme işlemlerinde, sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında, enzim ve mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi amacı ile kullanılır (Özgüner Kabak, 2019).

Ultrason destekli ekstraksiyonda en çok kullanılan uygulamalar ultrasonik banyo (indirekt) ve proflu ultrason (direkt) uygulamalarıdır. Proflu ultrason kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyonda, probun örnek içeren ortama daldırılması sonucu ultrasonik güç direkt olarak ekstraksiyon ortamına aktarılır (Ünver, 2018). Ayrıca ultrases gücünden daha etkin faydalanılabilen avantajlı bir sistemdir (Bediz, 2019). Proflu ultrases uygulamaları doğrudan solventin içerisine uygulanmaktadır bundan dolayı bu sistemler genellikle laboratuvar ortamında gerçekleştirilen küçük hacimli sistemlerde kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 2015). Ultrasonik ekstraksiyonda prob kullanımında prop aşınabilir böylece örneğe metal bulaşabilir ve bu sistemler açık sistemler olduğu için uçucu bileşiklerde kayıp olabilir ayrıca ultrason işlemi örneğin içerisinde gerçekleştiğinden dolayı işlem sırasında kısa sürede yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir (Ünver, 2018; Civan, 2018).

Ultrasonik banyolar, paslanmaz çelik tanklardır. Genellikle yüksek hacimdeki uygulamalarda kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 2015). Ultrasonik banyolar daha çok tercih edilmesine karşın bu cihazlar ultrasonik prob uygulamalarına kıyasla daha az akustik şiddet uygular ve sıcaklık kontrolü daha zordur (Bediz, 2019).

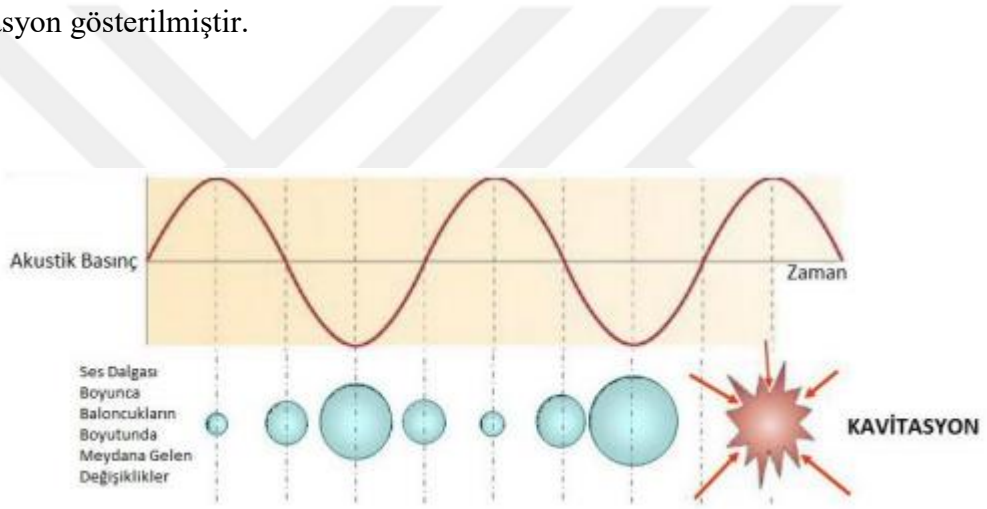
Ultrasonik destekli ekstraksiyon için kullanılan sistemler Şekil 2.10.' da gösterilmiştir (Sarıtaş, 2018).



**Şekil 2. 10.** Ultrases destekli ekstraksiyon için kullanılan sistemler A- ultrasonik banyo B- karıştırıcılı ultrasonik reaktör C- ultrasonik prob D- ultrasonik prob ile sürekli sonikasyon

Ultrasonik dalgalar, diğer ses dalgalarına benzer şekilde, bir ortamdan geçerken parçacıkların boylamasına yer değiştirmelerinden dolayı sıkıştırma ve gevşeme fazlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Ortamda piston görevi gören ses dalgası kaynağında piston açık pozisyonda iken sıkıştırma fazı oluşurken, kapalı konumda olduğunda gevşeme fazı meydana gelmektedir. Gevşeme fazı esnasında, büyüklüğü sıvının niteliği ve saflığına bağlı olan negatif bir basınç oluşmakta ve bu basınç molekülleri ayrı ayrı çekmektedir. Gevşeme fazından tamamen farklı olan sıkıştırma fazında ise, sıvı fazı oluşturan moleküller geçici olarak yerlerinden koparak çevredeki diğer moleküllerle çarpışabilmektedirler. Bir ses dalgası yeterince yüksek yoğunlukta ise gevşeme fazında kuvvetler arası çekim gücü aşılabilmekte ve sıvı içerisinde boşluklar meydana gelmektedir. Oluşan boşluklar 'kavitasyon kabarcıkları' olarak adlandırılmaktadır. Kararlı ve geçici kabarcıklar olarak iki şekilde sınıflandırılan kabarcıklardan kararlı olanlar; birçok sıkıştırma-gevşetme döngüsüne maruz kalarak bir denge boyutu etrafında çoğunlukla lineer olmayan bir şekilde salınmaktadırlar. Geçici

kabarcıklar ise, bir veya birkaç döngü sonrası başlangıç büyüklüğünü iki katına çıkarmaktadırlar. Büyüme, geçici kabarcığın gevşeme fazında ortamdaki çözünmüş halde bulunan buhar ve gazları içerisine alması ve sıkıştırma fazında dışarı atamamasından kaynaklanmaktadır. Kritik büyüklüğe ulaşan kabarcıklar şiddetle çökmekte ve bu sırada yaklaşık 50-1000 atm basınç ile 5000 K civarında sıcaklık açığa çıkarak geçici sıcak noktalar oluşmaktadır. Oluşan sıcak noktalar kimyasal reaksiyon hızını önemli ölçüde artırmaktadır. Kabarcıkların katı materyal yüzeyinde çöküşü sonucu ortamda sıcaklık ve basıncın yükselmesi mikrojetlerin oluşmasını sağlamaktadır. Mikrojetler yüzeyde soyulma, erozyon, hücre duvarının yıkımı ve hücre içeriğinin dışarı sızmasına neden olmakta ve böylece çeşitli kaynaklardan doğal bileşiklerin ekstraksiyonu sağlanmaktadır (Şengül ve Topdaş, 2019). Şekil 2.11.' de ultrasonik kavitasyon gösterilmiştir.



**Şekil 2. 11.** Ultrasonik kavitasyon

Ultrason uygulaması gıda sektöründe birçok alanda kullanılmaktadır. Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulama alanları (Yağcıoğlu, 2015) Çizelge 2.13. 'te verilmiştir.

**Çizelge 2. 13.** Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları

UYGULAMA	ETKİ
Katı yağların ve şekerlerin kristalizasyonu	Kristalizasyon akısını artırır, nükleasyonu uniformize eder.
Gaz giderme	Fermantasyon sonrası karbondioksit gazını giderir.

Köpük kırma	Kazanların doldurulması sırasında sıvıların pompalanmasından oluşan köpük giderme
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon hızı ve etkinliğinin artırılmasında
Ultrason yardımıyla kurutma	Sıcak havayla kurutmada kuruma etkinliğini artırarak daha düşük sıcaklıklarda ve hava hızlarında yüksek verimle kuruma sağlar.
Karıştırma ve emülsifikasyon	Ticari olarak uygulanmaktadır aynı zamanda emülsiyon kırma da kullanılabilir.
Alkollü içeceklerin olgunlaştırılması ve oksidasyonu	Alkollü içeceklerin hızlı okside olmasını sağlar.
Etin olgunlaşması	Kürlenmiş etlerde miyofibriler proteinlere etki eder.
Nemlendirme ve fogging	Havanın nemlendirilmesinde kullanılan sistemlerde, dezenfektan olarak gazlama işleminde
Temizleme ve yüzey dekontaminasyonu	Kümes hayvanlarının kesiminde kullanılan ekipmanın temizlenmesinde ticari olarak kullanılmakta olan sistemde özellikle mevcut yöntemlerle kolay temizlenemeyen boru iç temizliğinde kullanılır.
Kesme	Çok yumuşak/sert yada kırıldan özellikteki zor ürünlerin kesilmesinde daha hijyenik, daha az kayıplı ve daha hızlı olan ticari uygulamalar
Atık işleme	Pestisit kalıntılarının giderilmesinde
Hava kaynaklı tozların çökeltilmesi	Duvar tipi sistemlerle havadaki tozların giderilmesi ve atık gazların tozların giderilmesinde
Enzim aktivitesinin inhibisyonu	Sükroz inversiyonunu ve pepsin aktivitesini durdurabilir; genellikle oksidazlar ultrason uygulamasıyla inaktive edilebilir fakat katalazlar sadece düşük konsantrasyonlarda etkilenir; redüktazlar ve amilazlar ultrason uygulamasına çok dirençlidir.
Canlı hücrelerin uyarılması	Düşük güçteki ultrason uygulaması hücre duvarı zarar görmeksizin hücrelerin etkinliğini artırır, örneğin yoğurt üretiminde Lactobasillus etkinliği %40 artmıştır, ayrıca tohum çimlenmesi ve balık yumurtası oluşumunda da

	etkinliği gösterilmiştir.
Ultrason destekli dondurma	Donmada kristal büyüklüğü kontrolü ve buz kristal oluşum bölgesinde geçen srenin kısaltılması
Ultrason destekli filtrasyon	Filtre ortamından birim alandan birim zamanda geçen madde miktarında artış meydana gelir.
Mikrobiyal inaktivasyon	Sıcaklı ve basınçla kombine olarak uygulanan ultrason işlemiyle mikrobiyal inaktivasyonu daha etkinleştirir ve bunun sonucunda aynı letaliteyi sağlamak için gerekli işlem süresi kısalır ve/veya sıcaklığı azalır

#### Ultrases Destekli Ekstraksiyonun Avantajları

- Ultrason destekli ekstraksiyon gibi yenilikçi ekstraksiyon teknikleri, enerji tasarrufu ve evre dostu özellikleriyle yüksek kalitede ekstraktları daha etkili bir şekilde üretebilmektedirler.
- Uygulama, hücre duvarlarını mekanik olarak parçalar ve materyal aktarımını sağlar. Hücre duvarının yıkılmasıyla hücre içindeki sıvı ekstrat hücre dışına kolayca çıkabilmektedir. Ultrason uygulamasıyla hücre duvarı zedelendiğinden, bu yöntemle yapılan ekstraksiyon işlemi diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre çok daha hızlıdır.
- Ultrason destekli ekstraksiyon sistemi ucuz, kolay kullanımlı, verimli ve etkilidir (Alifakı vd., 2018).
- Homojenizasyon, ekstraksiyon, emülsiyon oluşturma, kristalizasyon, pastörizasyon, donmuş gıdaları çözme işlemlerinde, sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında, enzim ve mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi, vizkozite değiştirme gibi işlemlerde önemli etkileri olduğu bilinmektedir (zyurt, 2013; zgner Kabak, 2019)

#### Ultrases Destekli Ekstraksiyonun Dezavantajları

- Materyal ve çözücünün içerisine yerleştirildiği sıvı uygulama esnasında ısınır (Yağcıoğlu, 2015).
- Filtrasyona ihtiyaç duyulur (Byktncel, 2012).

Fenolik bileşik ekstraksiyonunda ultrasonik ses dalgası kullanımını araştıran pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda üzüm ve üzüm ürünleri başta gelmektedir.

Kırmızı üzümde geleneksel ekstraksiyona alternatif olarak ultrasonik ses dalgası destekli ekstraksiyonun uygulanabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada toplam fenolik bileşik, kondense tanen ve antosiyanin verimi incelenmiştir. Ekstraksiyon çözücüsü olarak metanol-su karışımı kullanılmıştır. Daha yüksek verim ultrasonik ekstraksiyonda (6 dakika), klasik ekstraksiyona kıyasla (60 dk) çok daha kısa sürede elde edilmiştir.

“Tepki Yüzeyi Metodolojisi ile Anatto Tohumlarından Doğal Pigmentin Ultrason Destekli Ekstraksiyonunun Optimizasyonu” konulu çalışmada anatto tohumundan ekstrakte ettikleri renk maddelerinin tepki yüzeyi yöntemi ile ultrason destekli ekstraksiyon yöntemini kullanmıştır. 4 bağımsız değişken olan sıcaklık (20-80 ° C), sonikasyon süresi (2-10 dakika), görev döngüsü (0.2-0.8 s) ve tohumların çözücüye oranının (% 5-20) yanı sıra ekstraksiyon verimini de incelemişlerdir. Sonuçlara göre, 72.7 ° C' lik bir sıcaklık, 7.25 dakikalık ekstraksiyon süresi, tohumun %14' lük çözücüye oranı ve 0.8 s' lik görev döngüsü ile en iyi ekstraksiyon koşulunu elde edilmiştir. Ekstraksiyon verimi %6.35 ve absorbans değeri% 0.865 olarak belirlenmiştir. Optimal koşullar altında deneysel değerler, ultrason destekli ekstraksiyonun geleneksel ekstraksiyona kıyasla daha verimli bir süreç olduğunu ortaya konulmuştur (Yolmeh vd., 2014).

“Üzüm Tohumlarından Fenolik Bileşiklerin, Antioksidanların ve Antosiyaninlerin Ultrason Destekli Ekstraksiyonunun Optimizasyonu” konulu çalışmada yanıt yüzey yöntemi ile ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi kullanmıştır. 3 bağımsız değişken olan etil alkol konsantrasyonu (%40-60), ekstraksiyon sıcaklığı (40-60 °C) ve süresini (20-30 dakika) optimize edilmiştir. Ultrason uygulaması ile mümkün olan en iyi etanol konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresi kombinasyonları toplam fenolik bileşikler için %53.15 etanol konsantrasyonu, 56.03 °C sıcaklık, 29.03 dakika; antioksidan aktivite için %53.06 etanol konsantrasyonu, 60.65 °C sıcaklık ve 30.58 dakika süre; toplam antosiyanin için %52.35 etanol konsantrasyonu, 55.13 °C sıcaklık, 29.49 dakika süre olarak belirlenmiştir (Ghafoor vd., 2009).

Elma şarabı üretiminin bir yan ürünü olan elma posasında toplam fenolik bileşikleri ve ekstraksiyon verimlerini üç bağımsız değişken olan ultrasonik güç (0.075-0.125 W/g), sıcaklık (16-34 °C) ve ekstraksiyon süresi (15-45 dakika) etkisini yanıt yüzey metodu kullanarak ultrasonik ekstraksiyon ve geleneksel ekstraksiyon yöntemlerini kıyaslayan

bir çalışma yapılmıştır. Bu kıyasa göre ultrason destekli ekstraksiyon uygulamasının klasik ekstraksiyon uygulamasına göre daha kısa sürede ve verimin %20 oranında daha yüksek olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca değişkenlerin en iyi kombinasyonları toplam fenolik madde için 0.142 W/g ultrasonik güç, 40.1 °C sıcaklık ve 45 dakika olarak belirlenmiştir (Virot vd., 2010)

Gonzalez-Centenove vd., üzüm posasındaki fenolik bileşikleri ve antioksidan kapasiteyi tek bağımsız değişken olan sıcaklık (20, 35, 50 °C) etkisini ultrasonik ekstraksiyon ve geleneksel ekstraksiyon yöntemlerini kıyaslayan çalışmada ultrason destekli ekstraksiyon uygulamasının klasik ekstraksiyon uygulamasına göre 20, 35 ve 50 °C’de yaklaşık 3, 4 ve 8 kat daha az süre gerektirerek daha düşük sıcaklıkta ve daha kısa sürede benzer fenolik bileşik ve antioksidan özelliklere sahip ekstraktların elde edildiği saptanmıştır (Gonzalez-Centenove vd., 2015).

“Yanıt Yüzey Metodolojisi Kullanılarak Tunus *Zizyphus lotus* Meyvelerinden Antioksidan Bileşiklerin Ultrason Destekli Ekstraksiyonunun Optimizasyonu” konulu çalışmada Tunus *Zizyphus lotus* meyvesinden antioksidan bileşiklerin ekstraksiyonu üzerindeki bağımsız değişkenler olan zaman, etanol konsantrasyonu, sıcaklık ve çözücü: çözünen oranı etkisini yanıt yüzey metodu yöntemi kullanarak ideal ekstraksiyon koşullarını araştırılmıştır. İdeal ekstraksiyon koşulu %50 etanol konsantrasyonu, 25 dakika ekstraksiyon süresi, 63 °C sıcaklık, 67 mL/g çözücü katı materyal oranı olarak belirtilmiştir (Hammi vd., 2015).

“Yanıt Yüzey Metodolojisi Kullanılarak Mercanköşkten Antioksidan Bileşiklerin Ultrason Destekli Ekstraksiyonunun Optimizasyonu” konulu çalışmada mercanköşkteki antioksidan bileşiklerin ekstraksiyonu üzerindeki üç bağımsız değişken olan sonikasyon genliği (24.4–61.0 µm), ekstraksiyon sıcaklığı (15–35 °C) ve uygulama süresi (5–15 dak) etkisinin yanısıra verimi de yanıt yüzey metodu yöntemi kullanarak ideal ekstraksiyon koşulları araştırılmıştır. Optimizasyon çalışmasında ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde 61 µm, 35 °C ve 15 dakika uygulanarak gerçekleştirilen ekstraksiyonda toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasite değerlerini en yüksek değer olarak belirlenmiştir. Ayrıca ultrason destekli ekstraksiyon yönteminin katı-sıvı ekstraksiyonuna (geleneksel ekstraksiyon) göre daha verimli olduğunu tespit edilmiştir (Hossain vd., 2012).

“Yeşil Ceviz Kabuğundan Doğal Antioksidanların Eldesinde Geleneksel ve Ultrason Destekli Ekstraksiyonlarının Karşılaştırılması” konulu çalışmada yeşil ceviz kabuğundaki doğal antioksidan bileşiklerin üzerindeki üç bağımsız değişken olan ekstraksiyon süresi (30-70 dakika), sıcaklık (30-60°C) ve etil alkol konsantrasyonu (%45-65) etkisini yanıt yüzey metodu yöntemi ile ideal ekstraksiyon koşullarını belirlenmiştir. Optimum koşullar ultrason destekli ekstraksiyonda etil alkol konsantrasyonu %60, sıcaklık 60 °C ve süre 30 dakika; geleneksel ekstraksiyonda ise etil alkol konsantrasyonu %60, sıcaklık 60 °C ve ekstraksiyon süresi 16 saat olarak bulunmuştur. Çalışma sonunda optimum noktalarda yapılan analizlerde ultrason destekli ekstraksiyonda elde edilen verimin geleneksel ekstraksiyona kıyasla daha fazla olduğunu ve enerji ihtiyacının daha az olduğunu saptanmıştır (Tabaraki ve Rastgoo, 2014).

#### **2.6.4. Mikrodalga destekli ekstraksiyon**

Mikrodalga destekli ekstraksiyon, mikrodalga enerjisi kullanılarak materyalden sıvı içerisinde çözünen bileşenlerin ekstraksiyonunda kullanılacak yeni bir yöntemdir (Şengül ve Topdaş, 2019).

Mikrodalgalar, frekansı 300 MHz ile 300 GHz frekans arasında, dalga boyları 1 mm ile 1 m arasında değişen iyonize olmayan elektromanyetik dalgalardır. Gıda proseslerinde genellikle 2450 MHz frekans uygulanmaktadır. Mikrodalga yardımcı ekstraksiyon temelde mikrodalgaların polar özellikteki moleküller üzerine etkisine dayanmaktadır (Şengül ve Topdaş, 2019). Mikrodalga ile ısıtmada dielektrik ve iyonik kondüksiyon olmak üzere iki mekanizma gerçekleşir. Dielektrik mekanizma, dipolar yapıda olan moleküllerin elektrik alandaki değişiklikler neticesinde dönmesi vasıtasıyla yeniden düzenlenmesidir. Elektromanyetik enerji iyonik iletim ve dipol dönüş mekanizmalarını takip ederek ısıya dönüşmekte ve iyonik iletkenlik esnasında ortamın akış iyonuna direnç göstermesi sonucu ısı oluşmaktadır (Şengül ve Topdaş, 2019).

Mikrodalga yardımcı ekstraksiyon 3 aşamada gerçekleşmektedir. Birinci basamakta, sıcaklık ve basınç artar böylece materyal, matriksinin aktif kısımlarından çözünen bileşenlere ayrılır. İkinci ve üçüncü basamaklarda sırasıyla; çözücünün numune matriksi

boyunca difüzyonu ve materyal matriksinden çözücüye çözünen bileşenlerin salınımı gerçekleşir (Şengül ve Topdaş, 2019).

Mikrodalga ekstraksiyon uygulaması gıda sektöründe birçok alanda kullanılmaktadır. Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulama alanları Çizelge 2.14 'te verilmiştir (Yağcıoğlu, 2015).

**Çizelge 2. 14.** Gıdalarda mikrodalga kullanım uygulamaları

Uygulama	Amaç	Ürün
Temperleme	Donma derecesinin altında sıcaklığı yükeltme	Et, balık, tereyağı
Vakum kurutma	Nem içeriğini düşürme	Tohumlar, tahıllar, turunçgil suları
Dondurarak kurutma	Nem içeriğini düşürme	Et, sebzeler, meyveler
Kurutma	Nem içeriğini düşürme	Makarna, pirinç, atıştırmalıklar
Pişirme	Aroma ve tekstürü düzenleme	Jambon, köfte, patates
Ağartma	Bozulmuş enzimlerin inaktivasyonu	Meyve, mısır, patates
Fırlama	Isıtma ve kabartıcı ajanların aktivasyonu	Ekmek, hamur işleri, donut
Kavurma	Isıtma ve ısıtma reaksiyonları geliştirmek	Kahve, kakao, yemişler
Pastörizasyon	Vejetatif mikroorganizmanın inaktivasyonu	Su ürünleri, hazır gıdalar
Sterilizasyon	Mikrobiyel sporların inaktivasyonu	Hamur işleri, peynirler, süt, meyve suları

“Greyfurttan Pektin Ekstraksiyonunda Konveksiyonel, Mikrodalga ve Ultrason Destekli Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması” konulu çalışmada ultrasonun bir ön işlem olarak kullanıldığı mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminde, en yüksek

ekstraksiyon verimini, 200 W ultrason gücünde 25 dk ile ultrason işlemi devamında 6 dakikalık 0.9 kW mikrodalga ekstraksiyonu ile sağlandığı belirtilmiştir (Bagherian vd., 2011).

“Süperkritik Karbon Dioksit Ekstraksiyon Parametrelerinin *Arthrospira platensis* Ekstraktlarında Mevcut Biyolojik Aktiviteler ve Metabolitler Üzerine Etkisi” konulu çalışmada, *Arthrospira platensis*'ten elde edilen biyoaktif metabolitlerin mikrodalga destekli ekstraksiyonu ile biyoaktif gelişimini araştırılmıştır. Yeşil çözücü ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminin kullanımının daha hızlı ekstraksiyon, yüksek tekrarlanabilirlik, azalan çözen tüketimi, azaltılmış sıcaklık gradyanları gibi temel karakteristikler üzerine faydaları nedeniyle mükemmel bir seçenek olarak tercih edilebileceğini belirtmiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile ekstraksiyonun, *A. platensis*'ten biyoaktif bileşenlerin elde edilmesi için uygun bir yöntem olduğunu kanıtlanmıştır (Esquivel-Hernández vd., 2017).

“Farklı Ekstraksiyon Metotları ile Adaçayı Bitkisinden Antioksidan Ekstraksiyonunun Ekstraksiyonu” konulu çalışmada klasik çözücü, ultrason ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemlerini kıyaslanmıştır. Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile en yüksek fenolik ve flavanoid madde miktarına ulaşılmıştır. Ultrason destekli ve klasik çözücü ekstraksiyona göre mikrodalga destekli ekstraksiyon ile daha iyi sonuçlar elde ettiği tespit edilmiştir (Yağcıoğlu, 2015).

“Portakal Kabuğu Atıklarının Biyo-Rafinerisi: Uçucu Yağ, Polifenoller ve Pektin Elde Etmek İçin Ultrason ve Mikrodalga Teknikleri Kullanılarak Entegre Yeşil ve Solventsiz Ekstraksiyon İşlemlerine Dayanan Yeni Bir Konsept” konulu çalışmada mikrodalga ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile portakal kabuğundan esansiyel yağ, polifenol ve pektin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga yöntemiyle gerçekleştirilen esansiyel yağ ekstraksiyonu işleminde elde edilen bitki kalıntı suyu, pektin ve polifenol ekstraksiyonu için tekrar kullanılmıştır. Mikrodalga yöntemi, ultrason destekli ekstraksiyon ile kullanıldığında daha yüksek verime ulaşılmıştır. En iyi koşullar mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminde 60°C sıcaklıkta, 128 W, 3 dakikada %24.2 pektin verimi; %50.02 polifenol verimi olarak sağlanmıştır (Boukroufa vd., 2015).

“Farklı Yöntemlerle Fındık Zarından Antioksidan Ekstraksiyonunun Optimizasyonu” konulu çalışmasında fındık zarından antioksidan bileşiklerin geleneksel, soxhelet, ultrason ve mikrodalga destekli, süperkritik akışkan yöntemleri ile ekstraksiyonu sonucu elde ettiği ekstraktları toplam fenolik madde miktarı, FRAP ve EC<sub>50</sub> değerleri açısından karşılaştırmıştır. En yüksek toplam fenolik madde miktarını 20 °C, 45 dakika ve % 69.12 etil alkol konsantrasyonu şartlarında gerçekleştirilen ultrason destekli ekstraksiyon ile elde edilmiştir. En yüksek antioksidan kapasiteye (EC<sub>50</sub> değeri) ise mikrodalga destekli ekstraksiyon ile ulaşılmıştır (Odabaş, 2013).

## 2.7. Taguchi Yöntemi

Taguchi yöntemi 1960' lardan beri Japonya' da ve 1980' lerden beri ABD' de yaygın olarak kullanılmaktadır (Hamzaçebi ve Kutay, 2003).

Klasik deney çalışmaları yüksek zaman ve maliyet gerektirir (Baynal ve Gencel, 2015). Deneylerde en çok bilgiyi en kısa sürede, en az maliyet ve işgücüyle elde eden çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan birisi de sıklıkla kullanılan Taguchi yöntemidir (Mezarcıöz ve Oğulata, 2010). Taguchi, istatistiksel kurallara ve mühendislik bilgilerine dayanarak bu yöntemi geliştirmiştir (Hamzaçebi ve Kutay, 2003).

Genichi Taguchi' ye göre kalite; ürünün müşteriye gönderildikten sonra toplumda meydana getirdiği kayıptır. Bu kayıp azaldıkça ürünün kalitesi artar (Baynal ve Gencel, 2015). Taguchi' ye göre kayıp iki şekilde olmaktadır:

- 1) İşlev değişkenliğinin neden olduğu kayıp
- 2) Zararlı yan etkilerin neden olduğu kayıp (Baynal ve Gencel, 2015).

Taguchi'ye göre kalite kayıpları ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan ilki maddi kayıplar diğeri ise sosyal kayıplardır. Bu kayıplar en aza indirilerek kalite geliştirilir (Hamzaçebi ve Kutay, 2003).

Taguchi yönteminin ana basamakları temel olarak 7 maddeden oluşmaktadır:

- 1) Faktör ve etkileşimlerin belirlenmesi / Problemin tanımlanması

- 2) Faktör seviyelerinin belirlenmesi
- 3) Uygun tasarımın seçimi
- 4) Deneylerin yapılması
- 5) Verilerin analizi
- 6) Optimum seviyelerin belirlenmesi
- 7) Doğrulama deneylerinin yapılması (Mezarcıöz ve Oğulata, 2010; Meral vd., 2011).



## BÖLÜM III

### MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Brokoli bitkisi mevsiminde yerel marketten temin edilmiştir ve Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına getirilip yıkanıp parçalara ayrıldıktan sonra çevre koşullarından etkilenmemesi için dondurarak kurutucu (Scanvac Coolsafe 95-15 Pro, Danimarka) ile kurutulmuş ve nem geçirmeyecek kapaklı cam kaplarda -18°C'de (Arçelik, Türkiye) ekstraksiyon ve analizlerde kullanılmıştır. Bütün ekstraksiyonlar bu kuru brokoliler ile yapılmıştır.

#### 3.2. Metot

##### 3.2.1 Ekstraksiyon Uygulaması

###### 3.2.1.1. Klasik Ekstraksiyon

Kurutulmuş örneklerde fenolik maddelerin ekstraksiyonu için çözügen olarak % 80 metanol (%1 oranında hidroklorik asit içeren) kullanılmıştır. Kurutulmuş olan brokoli örneklerinden 4 g hassas terazide tartıldıktan sonra 200 ml erlenin içerisine konulmuştur. Üzerine 40 ml % 80' lik metanol karışımı eklenmiştir. Ekstraksiyon işlemi, manyetik karıştırıcıda oda sıcaklığında (20 °C), 40 ve 60 °C' de 15, 30 ve 45 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Filtrasyon işlemi ardından elde edilen ekstraktlar, analiz anına kadar hava almayan bir şişe içinde -18 °C' de buzdolabında depolanmıştır (Şahin ve Karadağ, 2017).

###### 3.2.1.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon

Kurutulmuş brokoli örneklerinden fenolik maddelerin mikrodalga destekli ekstraksiyonun yapılmasında tezgah üstü mikrodalga fırından (LG Solar DOM, Kore) yararlanılmıştır. Ekstraksiyon için farklı güçlerde (360, 600 ve 900 W) farklı süreler (30, 60, 90 saniye) uygulanmıştır. %80 metanol (%1 HCl içeren) çözeltisi ile 1:10

oranında seyreltilerek örnekler cam beher içerisine konularak mikrodalga fırın içinde ekstraksiyon uygulanmıştır. Elde edilen ekstraktlar, -18°C’de buzdolabında hava almayacak bir şişe içerisinde analiz anına kadar bekletilmiştir (Şahin ve Karadağ, 2017).

### 3.2.1.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon

Fenolik maddelerin ekstraksiyonu için ultrason cihazı (Hielscher Ultrasound Technology, Almanya) kullanılmıştır. %1’ lik HCl içeren % 80 metanol ile 1:10 oranında seyreltilen kuru brokoli örnekleri cam beher içine konulup ultrases probu çözelti içerisine daldırılarak %60, 80, 100 güç değerinde farklı sürelerde (5, 10, 15 dk) ekstraksiyon yapılmıştır. Ultrases ekstraksiyonu sonunda örneklerin sıcaklıkları kaydedilmiştir. Bu yöntem ile elde edilen ekstraktlar -18 °C’ de buzdolabında hava almayacak bir şişe içerisine analiz anına kadar bekletilmiştir (Şahin ve Karadağ, 2017). Çizelge 3.1’ de ekstraksiyon uygulama çizelgesi verilmiştir.

**Çizelge 3. 1.** Ekstraksiyon uygulama çizelgesi

Ekstraksiyon Yöntemi	Süre	Güç/Sıcaklık
Klasik	15, 30, 45 dakika	20, 40, 60 °C
Mikrodalga Destekli	30, 60, 90 saniye	360, 600, 900 W
Ultrases Destekli	5, 10, 15 dakika	% 60, 80, 100

Optimizasyon çalışmasında her bir ekstraksiyon yöntemi için deney deseni aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir. Optimizasyon çalışmaları Taguchi Metoduyla hazırlanmış olup sonuçlar aynı metodla incelenmiştir (Minitab 17.0). Bu plana göre yapılacak çalışmalar doğrultusunda elde edilen veriler sayesinde çalışma koşulları istenilen parametrelere göre optimize edilmiştir. Çizelge 3.2’ de klasik ekstraksiyon uygulama çizelgesi, Çizelge 3.3’ de mikrodalga destekli ekstraksiyon uygulama çizelgesi, Çizelge 3.4’ de ultrases destekli ekstraksiyon uygulama çizelgesi verilmiştir.

**Çizelge 3. 2.** Klasik ekstraksiyon uygulama çizelgesi

Ekstraksiyon Sıcaklığı (°C)	Uygulama Süresi (dk)
20	15
20	30
20	45
40	15
40	30
40	45
60	15
60	30
60	45

**Çizelge 3. 3.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon uygulama çizelgesi

Mikrodalga Gücü (W)	Uygulama Süresi (s)
360	30
360	60
360	90 s
600	30
600	60
600	90
900	30
900	60
900	90

**Çizelge 3. 4.** Ultrases destekli ekstraksiyon uygulama çizelgesi

Ultrases Genlik (%)	Uygulama Süresi (dk)
60	5
60	10
60	15
80	5
80	10
80	15
100	5
100	10
100	15

### 3.2.2. Ekstraktta Yapılacak Analizler

#### 3.2.2.1. Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocalteu metoduna göre uygulanmıştır. 100 µl örnek üzerine 0.75 ml Folin-Ciocalteu çözeltisi (suda % 10' luk) ile tamamlanarak oda sıcaklığında 5 dakika süreyle bekletilmiştir. 0.75 ml Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ( suda, 75 g/L) ilave edilerek hızlıca karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında karanlıkta 1,5 saat bekletilmiş ve ardından 725 nm' de örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede okunmuştur. Standart olarak gallik asit kullanılacak, aynı işlemler tekrar yapılarak kalibrasyon eğrisi için hazırlanıp farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltilerine de uygulanacaktır. Toplam fenolik madde konsantrasyonu, eşdeğer gallik asit değeri olarak hesaplanmıştır (mg/kg GAE) (Şahin ve Karadağ, 2017).

### **3.2.2.2. Renk tayini**

Brokoli ekstraktlarının renk özelliklerini belirlemede renk tayini cihazı (Konica Minolta CR400, Japonya) kullanılmıştır. Cihaz saf su ile kalibre edildikten sonra sıvı örnekler aletin küvetine yerleştirilip L\*, a\* ve b\* değerleri belirlenmiştir. Renk değerleri mikrodalga, ultrases, klasik ekstraksiyon için ayrı ayrı belirlenmiştir (Şahin ve Karadağ, 2017).

### **3.2.2.3. Antioksidan aktivite tayini**

Serbest radikal yakalama etkinliği deneyi 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak Blois'in metoduna göre yapılmıştır (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. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan örnek ekstraktlarından 100' er µL alınarak, üzerine 3,9 mL 0,1 mM DPPH (%80 metanolde) çözeltisi ilave edilmiştir. Vortekslendikten sonra oda koşullarında karanlıkta 30 dakika bekletilip ve süre sonunda 517 nm'de absorbansları okunmuştur. Örnek yerine 100 µL %80 metanol kullanılarak aynı şartlarda kontrol olarak kullanılmıştır.

Bu yöntemde farklı örnek konsantrasyonları ile reaksiyona sokulan DPPH'in absorbansındaki değişim ölçülerek konsantrasyona karşılık gelen absorbans grafiği çizilir. Grafikten elde edilen  $y=ax+b$  eğim denkleminde DPPH derişimini yarıya

düşüren örnek miktarı  $\mu\text{g/mL}$  cinsinden belirlenmekte ve etkin konsantrasyon 50 ( $\text{EC}_{50}$ ) değeri olarak ifade edilmektedir. Başlangıçtaki DPPH konsantrasyonunun % 50 azalması için kullanılan antioksidan miktarı  $\text{EC}_{50}$  değeri olarak ifade edilir (Brand-Williams vd, 1995).

Bu çalışmada brokoli ekstraktlarının DPPH radikalini ortamdaki giderme etkisi  $\text{EC}_{50}$  değerleri hesaplanarak ifade edilmiş olup oldukça iyi sonuçlar tespit edilmiştir.

#### **3.2.2.4. Askorbik asit (C vitamini) konsantrasyonunun belirlenmesi**

C vitamini analizi için yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) (Shimadzu, LC-20A/ Prominence, Columbia, USA) kullanılmıştır. Analizler için ters fazlı C-18 kolonu ( $5\mu\text{m}$  partikül büyüklüğü, 4.6 mm çap, 250 mm uzunluk) kullanılmıştır. Mobil faz olarak 10:30 (v/v) oranında hazırlanmış metanol ve su karışımı (1 mL/dak) kullanılmış ve kolona verilmeden önce içerisindeki hava kabarcıklarının uzaklaştırılması için ultrasonik banyoda tutulmuştur. Standart kalibrasyon eğrisi 10, 20, 40, 60 ve 80 ppm konsantrasyonlarında L-askorbik asit (Sigma, Almanya) kullanarak elde edilmiştir. 5 ml alınan örnekler test tüplerine aktarılıp üzerine 5 mL %25 lik fosforik asit eklenmiş ve karışım 9000g çekim gücü etkisinde 5 dak santrifüj (Nüve marka NR 800R model, Türkiye) edilmiştir. Üstte kalan berrak kısımdan 0,5 ml alınarak %25 fosforik asitle 10 mL'ye tamamlanmış ve  $0.45\mu\text{m}$  filtreden süzöldükten sonra  $20\mu\text{L}$  örnek HPLC cihazına enjekte edilmiştir (Abid vd. 2014).

#### **3.2.2.5. İstatiksel analiz**

Veriler Minitab (17 versiyon, Minitab Inc., State College, PA, ABD) paket programı kullanılarak % 95 güvenlik aralığında analiz edilmiş olup verilerin analizinde tek yönlü ANOVA 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. Klasik Ekstraksiyon

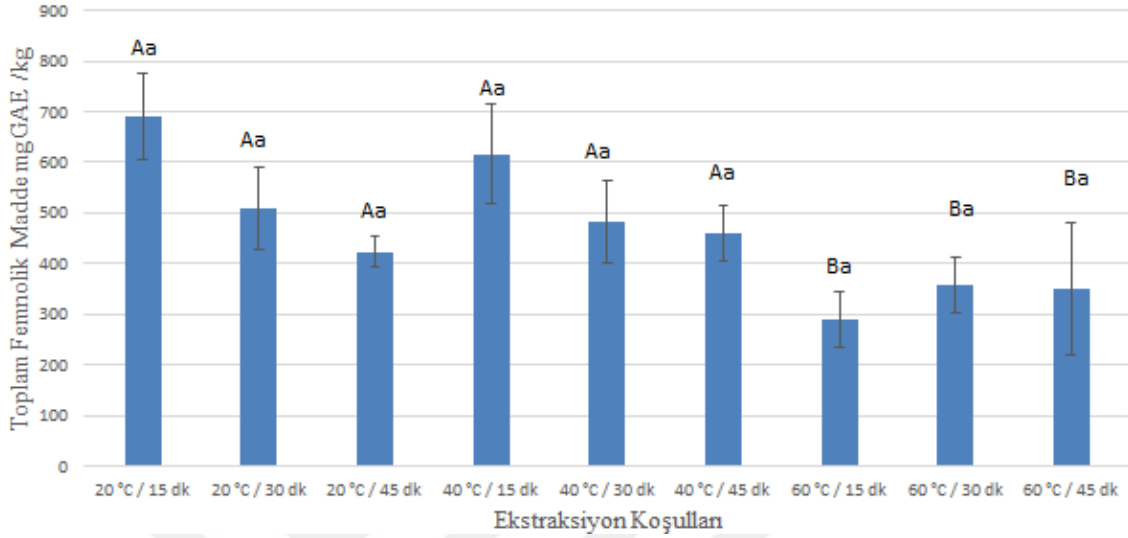
##### 4.1.1. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Tayini

Çalışmaya antioksidan aktivitesi açısından belirleyici olan fenolik bileşiklerin analizi ile başlanmıştır. Klasik ekstraksiyon için kullanılan bağımsız değişkenler olan sıcaklık ve süre aralığı ile bağımlı değişken olarak kullanılan toplam fenolik madde değerleri incelenmiştir. Toplam fenolik madde tayini Folin – Ciocalteu metoduna göre uygulanmıştır. Folin-Ciocalteu yöntemi, gıdaların antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde basit, tekrarlanabilir ve güvenilir bir yöntemdir (Singleton vd., 1999). Antioksidan çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Standart olarak gallik asit kullanılmış olup, ekstraktların absorbanları çizilen kalibrasyon eğrisine bakılıp okunarak toplam fenolik madde konsantrasyonu, eşdeğer gallik asit değeri olarak GAE/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Klasik ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları Çizelge 4.1' de verilmiştir. Çalışmamızda optimum ekstraksiyon koşulu 20 °C/15 dk olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 1.** Klasik ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları

Ekstraksiyon Koşulları	mg/kg
20 °C / 15 dk	690.9453
20 °C / 30 dk	508.3582
20 °C / 45 dk	423.5323
40 °C / 15 dk	616.5672
40 °C / 30 dk	482.2388
40 °C / 45 dk	459.1045
60 °C / 15 dk	290.9453
60 °C / 30 dk	358.1095
60 °C / 45 dk	350.8955

Klasik ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarlarının grafiği Şekil 4.1’ de verilmiştir.



**Şekil 4. 1.** Klasik ekstraksiyon toplam fenolik madde miktarları

Büyük harflerdeki farklılık sıcaklığın, küçük harflerdeki farklılık zamanın toplam fenolik madde miktarı üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Brokoli ekstraksiyonu ile antioksidan ve fenolik bileşiklerin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada dondurarak kurutulmuş brokoli örneklerinde klasik ekstraksiyon yapılmıştır. %80’ lik metanol çözücüsü kullanılmıştır. 19.60 mg/100 g kuru madde – 41.40 mg/100 g kuru madde aralığında toplam fenolik madde miktarına ulaşılmıştır (Kaur vd., 2007).

Abe et al. (2010), yaptıkları çalışmada, kestanenin toplam fenol içeriğini 92 mg GAE/100 g kuru madde, cevizin toplam fenol içeriğini 2499 mg GAE/100 g kuru madde olarak bulmuşlardır.

Kakaonun, çay ve kırmızı şaraba göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ortaya koymaya çalışan Lee ve arkadaşları, antioksidan aktivitenin belirlenmesinde ABTS ve DPPH yöntemlerini kullanmış, ayrıca toplam fenolik madde (Folin- Ciocalteu metodu ile) ve toplam flavonoid miktarlarını da hesaplamışlardır.

Yeşil çay için toplam fenolik madde miktarı 165 mg, flavonoid miktarı 47 mg olarak bulunurken, siyah çay için aynı sonuçlar sırasıyla 124 mg ve 34 mg olarak hesaplanmıştır (Lee ve ark., 2003).

Üzüm cibresinde ultrasonik ekstraksiyonun etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrasonikasyon süresi, çalkalamalı sıcak su banyosunda (45°C) bekletme süresi ve çözücü bileşiminin özütleme sürecine ve elde edilen fenolik madde miktarına etkisi yanıt yüzey yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen ekstraktlardaki en yüksek fenolik içerik (47.2 mg GAE/g un), çözücü olarak % 30 etanol kullanıldığında, 6 dakika sonikasyon sonunda 45 °C' lik çalkalamalı su banyosunda 12 dakika bekletilerek elde edilmiştir. Ultrasonikasyon ve çalkalamalı su banyosu uygulaması ile daha kısa sürede kütle transferini artırarak fenolik bileşiklerin ekstraksiyon veriminin arttığı saptanmıştır.

#### **4.1.2. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini**

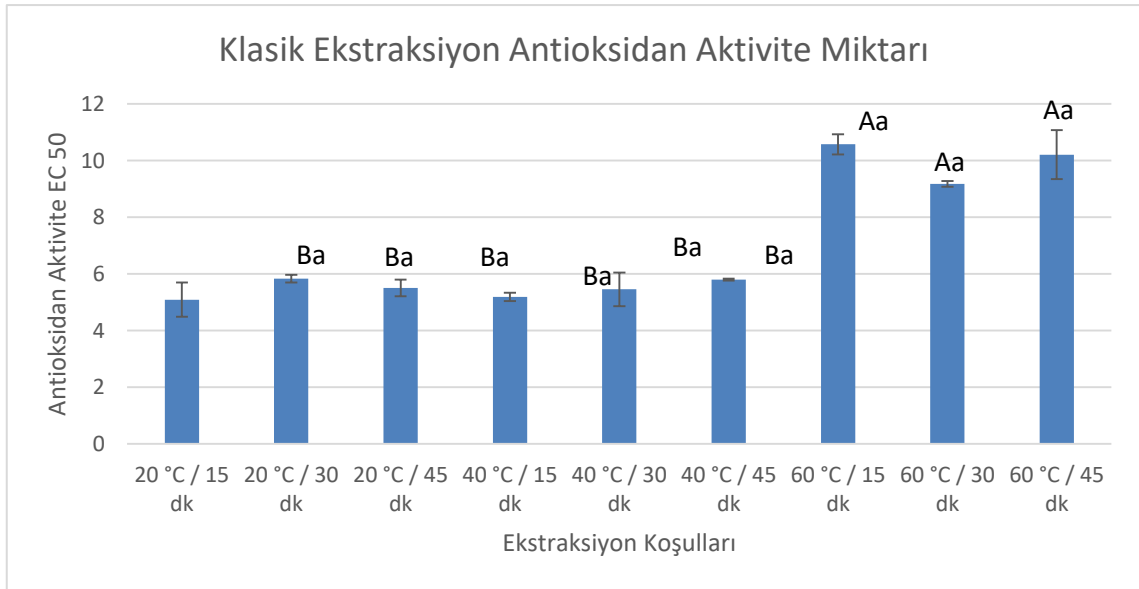
Serbest radikal giderme, antioksidanların lipid oksidasyonunu inhibe eden yöntemlerden biridir. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal giderme yöntemi kısa zaman içerisinde bazı bileşiklerin veya ekstraktların antioksidan aktivitesini ölçmede kullanılır.

DPPH ticari olarak elde edilebilen stabil organik nitrojen radikalidir. 517 nm' de maksimum absorbansa sahiptir. Molekülde bir serbest elektronun yer değiştirmesi menekşe renginin oluşmasına neden olur. DPPH solüsyonu hidrojen atomu verebilen madde (antioksidan) ile karıştırıldığı zaman koyu menekşe rengin kaybı ile indirgenmiş form oluşur. Bu renk değişim derecesi antioksidan derişimiyle orantılıdır. Antioksidan tarafından DPPH serbest radikale proton transferi reaksiyonu 517 nm' de absorbansın azalmasına neden olur. Düşük absorbans DPPH radikalinin miktarındaki azalmanın belirtisidir. Çalışmada bu süreç UV-GB spektrofotometresi ile absorbans sabitlenene kadar takip edildi. Kontrol olarak metanol kullanıldı. DPPH reaktifinin birçok lipid peroksidasyonuna sebep olan peroksil radikallerinin tersine yavaş tepkime vermesi ve anntioksidan kapasitesi ile her zaman doğrusallık göstermemesi DPPH analizinin en önemli dezavantajlarından. DPPH reaktifinin birçok lipid peroksidasyonuna sebep olan peroksil radikallerinin tersine yavaş tepkime vermesi ve anntioksidan kapasitesi ile her zaman doğrusallık göstermemesi DPPH analizinin en önemli dezavantajlarından. Klasik ekstraksiyon antioksidan aktivite miktarlarının grafiği Şekil 4.2' de verilmiştir.

Grafiklerden hesaplanan EC<sub>50</sub> değerleri ne kadar düşükse DPPH radikalini süpürme aktivitesi o kadar yüksek olmaktadır. Buna göre çalışma kapsamındaki EC<sub>50</sub> değerleri Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 2.** Klasik ekstraksiyon EC<sub>50</sub> değerleri

Ekstraksiyon koşulları	EC <sub>50</sub> değerleri (mg/ml)
20 °C / 15 dk	5.08673
20 °C / 30 dk	5.83012
20 °C / 45 dk	5.502513
40 °C / 15 dk	5.179753
40 °C / 30 dk	5.451187
40 °C / 45 dk	5.792815
60 °C / 15 dk	10.57123
60 °C / 30 dk	19.37174
60 °C / 45 dk	10.20546



**Şekil 4. 2.** Klasik ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite tayini sonuçları. Büyük harflerdeki farklılık sıcaklığın, küçük harflerdeki farklılık zamanın antioksidan aktivite üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir (p<0,05).

Brokolide antioksidan kapasite üzerine yapılan bir çalışmada dondurarak kurutulmuş brokoli örneklerinde klasik ekstraksiyon çalışması yapılmıştır. Çözücü olarak metanol, su ve aseton kullanılmıştır. Metanol ve su çözücülerinin asetona göre daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir. En iyi koşul 4 mg/ml metanol çözücüsünde elde edilmiştir (Guo vd., 2001). Benzer bir çalışmada 2 mg/ml metanol çözücüsünde en iyi sonuçlar elde edilmiştir (Wong and Yen, 1997).

Brokoli ekstraksiyonu ile antioksidan ve fenolik bileşiklerin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada dondurarak kurutulmuş brokoli örneklerinde klasik ekstraksiyon yapılmıştır. %80' lik metanol çözücüsü kullanılmıştır. 19.60 mg/100 g kuru madde – 41.40 mg/100 g kuru madde aralığında toplam fenolik madde miktarına ulaşılmıştır (Kaur vd., 2007).

Gerçekleştirilen benzer bir araştırmada üzüm ciblesinde fenolik bileşiklerin ve antioksidan kapasitenin ekstraksiyon oranı üzerine hem sıcaklık (20, 35, 50 °C) hem de ultrasonik dalga kullanımının etkisi araştırılmıştır. Ultrason destekli ekstraksiyon geleneksel ekstraksiyona kıyasla 20, 35 ve 50 °C'de yaklaşık 3, 4 ve 8 kat daha az süre gerektirmiştir. Daha düşük sıcaklıkta ve daha kısa sürede benzer fenolik bileşik ve antioksidan özelliklere sahip ekstraktların eldesi sağlanmıştır (Gonzales vd., 2015).

Yapılan bir araştırmada Burdur Dimriti, Siyah Gemre, Razakı ve Tilki Kuyruğu üzüm çeşitlerinden alınan yaprak örneklerindeki toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde çeşitler arasındaki toplam fenolik madde miktarlarının 3.25 ve 7.38 mg g<sup>-1</sup> arasında değiştiği tespit edilirken, çeşitlerin toplam fenolik madde miktarları bakımından Tilki Kuyruğu (7.38 mg g<sup>-1</sup>) > Razakı (6.03 mg g<sup>-1</sup>) > Siyah Gemre (5.19 mg g<sup>-1</sup>) >Burdur Dimriti (3.25 mg g<sup>-1</sup>) olarak sıralandığı tespit edilmiştir (Urcan, 2019).

#### **4.1.3. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Renk Tayini**

L\* değeri parlaklık değerini vermekte olup, ölçülen renge göre 0-100 arasında değişen değerler alabilmektedir. a\* pozitif değer aralığında ölçülen renk kırmızı, negatif değer aralığında ölçülen renk ise yeşil olmaktadır. Aynı şekilde b\* pozitif değer aralığında

ölçülen renk sarı, negatif değer aralığında ise mavidir (Çelik, 2004). L\* rengin parlaklığında meydana gelen değişimleri göstermektedir. L\* değeri 100'e yaklaştıkça maksimum değerini almakta ve bu renge gönderilen ışığın % 100'ünün yansımaya esasına dayanmaktadır. a\* değeri yeşilden kırmızıya, b\* değeri ise maviden sarıya renk değişimini göstermektedir. a\* nın pozitif değerleri kırmızı, negatif değerleri yeşil rengi; b\*'nin pozitif değerleri sarı, negatif değerleri mavi rengi göstermektedir. Değerlerin artan biçimde negatif veya pozitif olmaları rengin koyulaşması anlamına gelmektedir (Abbot, 1999).

Çizelge 4.3.'den görüldüğü gibi farklı süre ve sıcaklıklardaki brokoli örneklerinin L\*, a\*, b\* değerleri arasında farklılıklar gözlenmiştir. En yüksek L\* değeri 25.23 ile 20 °C / 15 dk koşulundaki ekstraksiyonda görülürken, en düşük L\* değeri ise 16.66 ile 60 °C / 15 dk koşulundaki ekstraksiyonda belirlenmiştir. a\*değerinde en yüksek değer 7.73 ile 20 °C / 30 dk koşulundaki ekstraksiyonda belirlenirken en düşük a\* değeri 3.61 ile 60 °C / 30 dk koşulunda belirlenmiştir. b\*değerinde en yüksek değer 16.72 ile 20 °C / 15 dk koşulundaki ekstraksiyonda belirlenirken en düşük b\* değeri 2.67 ile 60 °C / 15 dk koşulunda belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 3.** Klasik ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları

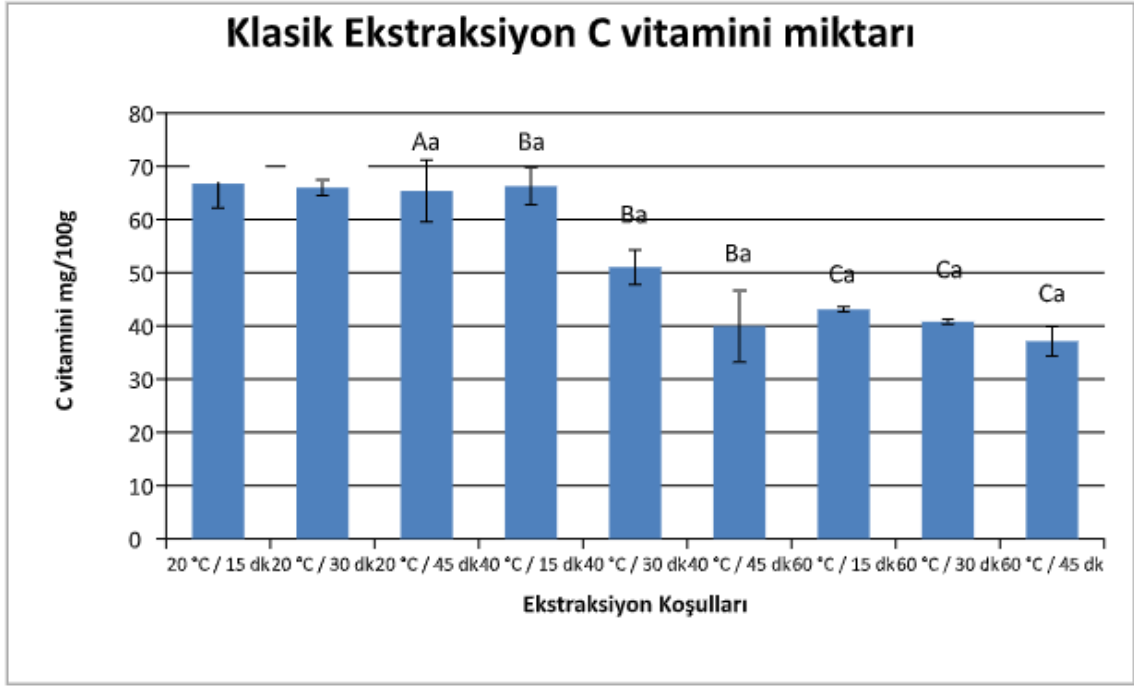
	L*	a*	b*
20 °C / 15 dk	25.23	7.24	16.72
20 °C / 30 dk	24.59	7.73	16.58
20 °C / 45 dk	17.63	6.12	5.37
40 °C / 15 dk	21.09	5.59	10.72
40 °C / 30 dk	19.90	7.03	8.25
40 °C / 45 dk	20.84	5.57	10.45
60 °C / 15 dk	16.66	4.27	2.67
60 °C / 30 dk	17.56	3.61	4.21
60 °C / 45 dk	17.76	4.69	5.04

#### 4.1.4. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C vit.) Tayini

Renksiz kristallerden oluşan C vitamini, bir antiskorbüt faktörüdür. Hem indirgen gücü olan hem de asidik özellik veren bir dienol grup ihtiva eder. Aynı şekilde C vitamini güçlü indirgeyici aktiviteye sahip olduğundan güçlü bir antioksidandır. Süperoksit ve hidroksil radikali ile kolayca reaksiyona girerek onların inaktive edilmesinde rol oynar (Karataş, 2011). Klasik ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini sonuçları Çizelge 4.4’ de verilmiştir. Klasik ekstraksiyon C vitamini miktar grafiği Şekil 4.3’ de verilmiştir.

**Çizelge 4. 4.** Klasik ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini miktarları

Ekstraksiyon koşulları	mg/100 g
20 °C / 15 dk	66.74317
20 °C / 30 dk	65.99858
20 °C / 45 dk	65.37696
40 °C / 15 dk	66.27646
40 °C / 30 dk	51.06281
40 °C / 45 dk	39.94756
60 °C / 15 dk	43.11442
60 °C / 30 dk	40.79864
60 °C / 45 dk	37.13745



**Şekil 4. 3.** Klasik ekstraksiyon C vitamini miktar grafiği

Büyük harflerdeki farklılık sıcaklığın, küçük harflerdeki farklılık zamanın C vitamini üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Şekil 4.5.' de en yüksek C vitamini miktarı 20 ° C / 15 dk koşulunda 20 ° C / 15 dk 66.743 mg / 100 g olarak görülmekte iken en düşük C vitamini miktarı 60 ° / 45 dk koşulunda 37.137 mg / 100 g' dır.

## 4.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon

### 4.2.1. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Tayini

Kurutulmuş brokoli örneklerinden fenolik maddelerin mikrodalga destekli ekstraksiyonu için farklı güçler (360, 600, 900 W) ve süreler (30, 60, 90 s) uygulanmıştır.

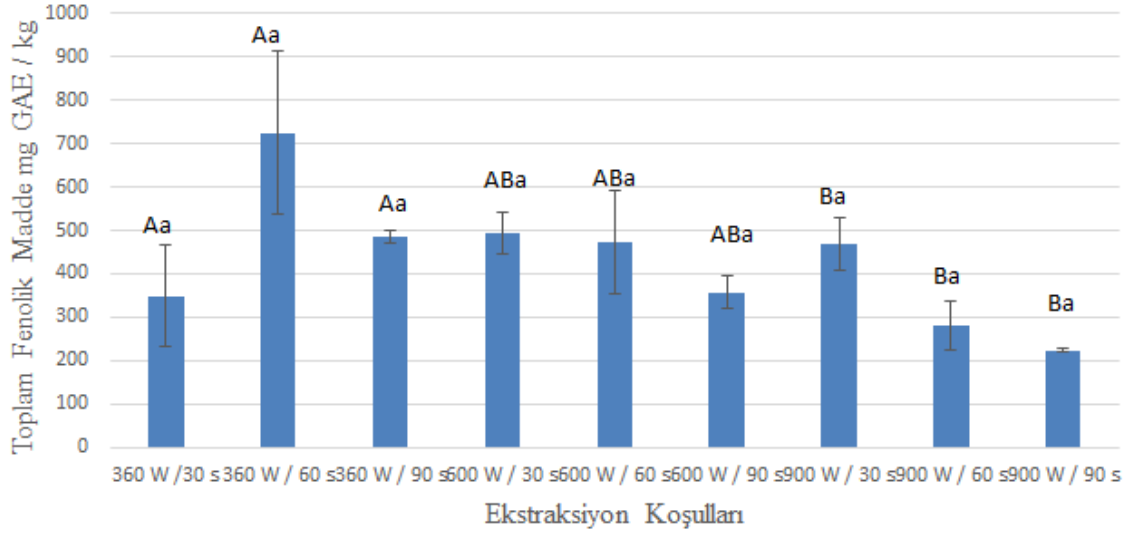
Çalışmaya antioksidan aktivitesi açısından belirleyici olan fenolik bileşiklerin analizi ile başlanmıştır. Mikrodalga destekli ekstraksiyon için kullanılan bağımsız değişkenler olan sıcaklık ve süre aralığı ile bağımlı değişken olarak kullanılan toplam fenolik madde değerleri incelenmiştir. Toplam fenolik madde tayini Folin – Ciocaltaeu metoduna göre

uygulanmıştır. Folin-Ciocalteu yöntemi, gıdaların antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde basit, tekrarlanabilir ve güvenilir bir yöntemdir (Singleton vd., 1999). Antioksidan çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Standart olarak gallik asit kullanılmış olup, ekstraktların absorpsanları çizilen kalibrasyon eğrisine bakılıp okunarak toplam fenolik madde konsantrasyonu, eşdeğer gallik asit değeri olarak GAE/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Klasik ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Sonuçlara göre, brokoli numunelerinde fenolik madde miktarı en yüksek 360 W / 60 s koşulunda 725.52 mg GAE / kg, en düşük 900 W / 90 s 225.77 mg GAE / kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları Şekil 4.4. ' de verilmiştir.

**Çizelge 4. 5.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları

Ekstraksiyon koşulları	mg GAE / kg
360 W /30 s	351.393
360 W / 60 s	725.5224
360 W / 90 s	486.2189
600 W / 30 s	495.4229
600 W / 60 s	474.5274
600 W / 90 s	359.602
900 W / 30 s	469.5522
900 W / 60 s	282.7363
900 W / 90 s	225.7711



**Şekil 4. 4.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon toplam fenolik madde miktarları. Büyük harflerdeki farklılık gücün, küçük harflerdeki farklılık zamanın toplam fenolik madde miktarı üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Literatürde, mikrodalga'nın çıkış gücü seviyesi ve ekstraksiyon için gereken süre ile ilgili iki çelişkili görüş bulunmaktadır. Örneğin, *Ipomoea batatarından* elde edilen toplam fenoliklerin MAE'sinin optimizasyonuna yönelik veriler, kısa bir süre için yüksek bir mikrodalga gücü uygulanmasının, bitki materyalinden fenoliklerin çıkarılmasında en etkili yol olabileceğini önermektedir. Diğer çalışmalar, düşük veya orta dereceli mikrodalga gücünün daha uzun süre maruz kalma ile kombinasyonunun daha etkili işletim yaklaşımı olabileceğini ileri sürdü. Öte yandan, yüksek sıcaklık, fenolik bileşiklerin termal bozulmasına neden olabilir. Bu nedenle, elde edilen orta düzeyde optimal ekstraksiyon koşulları beklenmedik değildir, çalışmamızda da fark edilmiştir. Çalışmamızda MAE'nin optimize edilmesinde dikkate alınan bir diğer parametre olan sıcaklık, büyük ölçüde mikrodalga gücüne bağlıdır. Kapalı kapla çalışırken, sıcaklıktaki artış, güvenlik endişelerini artırabilecek basınçtaki artışla ilişkili olduğundan özel dikkat gereklidir (Jokic vd., 2012).

Jokic vd (2012), brokoliden fenolik madde ve antioksidan aktivite ekstraksiyonu yöntem ve koşullarının optimizasyonu üzerine yaptığı çalışmada ekstraksiyon sıcaklığı (50-90 °C), mikrodalga güç (100-200 W), çözücü konsantrasyonu (metanol/su 50-90%, v/v) ve ekstraksiyon süresi (1-27 dk) olmak üzere 4 adet bağımsız değişken kullanmıştır. Bu koşullardan yola çıkarak optimum koşulları metanol konsantrasyonu %

72.06, sıcaklık 71.21 °C, mikrodalga gücü 159.33 W, ekstraksiyon süresi 16.94 dakika olduğunu ve toplam fenolik madde miktarını 21.45 mg GAE g<sup>-1</sup> (kuru madde) olarak belirlemişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine alternatif olarak düşünülen basınçlı sıvı ekstraksiyonu, ultrases destekli ekstraksiyon ve mikrodalga destekli ekstraksiyon ile siyah havuç posasından antosiyaninlerin ekstrakte edilmesi, ekstraksiyon süresi, posa:çözücü oranı ve çözücü çeşidinin toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik bileşik ve ekstraksiyon verimi üzerine etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Proses koşulları, ultrases destekli ekstraksiyon için; sabit sıcaklıkta (50 °C) ekstraksiyon süresi (1, 10, 30, 60 dakika), posa:çözücü oranı (1:30, 1:20, 1:10), çözücü çeşidi (su, asitlendirilmiş su, etanollü su); mikrodalga destekli ekstraksiyon için ekstraksiyon süresi (0.5 - 20 dakika), mikrodalga gücü (180 W, 360 W, 540 W), posa:çözücü oranı (1:30, 1:20, 1:10) ve çözücü çeşidi (su, asitlendirilmiş su, etanollü su); basınçlı sıvı ekstraksiyonu için ekstraksiyon süresi (36, 60, 84 dakika) ve posa:çözücü oranı (1:30, 1:20, 1:10) olarak belirlenmiştir. Maksimum antosiyanin ekstraksiyonu sağlayan koşulların, basınçlı sıvı ekstraksiyonunda; 1:20 posa:çözücü oranında 84 dakika; ultrases destekli ekstraksiyonda, 1:30 posa:çözücü oranında % 50 etanollü su ile 60 dakika, mikrodalga destekli ekstraksiyonda 540 W mikrodalga gücünde, 1:20 posa:çözücü oranında, % 50 etanollü su ile 30 saniye olduğu tespit edilmiştir. toplam fenolik bileşik miktarları ise sırasıyla 3.60, 6.53 ve 7.16 mg gallik asit/g KM olarak bulunmuştur. Bu açıdan bakıldığında en etkili ve en hızlı ekstraksiyon yönteminin mikrodalga ile ekstraksiyon olduğu söylenebilir (Akal, 2019).

Bir çalışmada, melocanın yaprak, meyve ve filizleri, üç farklı ekstraksiyon yöntemi geleneksel ekstraksiyon (GE), ultrasonik destekli ekstraksiyon (UDE) ve mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) ile elde edilen ekstraktlarında, toplam fenolik madde (TFM), toplam antioksidan kapasite miktarları (TAK) ve fenolik bileşenleri incelenmiştir. Melocanın toplam fenolik madde miktarı, yaprak, meyve ve filizde sırasıyla; GE ile 55.98±1.98, 55.25±2.81 ve 37.13±2.99 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru ağırlık; UDE ile 57.30±2.42, 57.12±2.89 ve 38.12±4.24 mg GAE/g kuru ağırlık, MDE ile 67.27±2.05, 66.23±6.59 ve 50.35±4.07 mgGAE/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Şahin, 2019).

#### 4.2.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini

Serbest radikal giderme, antioksidanların lipid oksidasyonunu inhibe eden yöntemlerden biridir. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal giderme yöntemi kısa zaman içerisinde bazı bileşiklerin veya ekstraktların antioksidan aktivitesini ölçmede kullanılır.

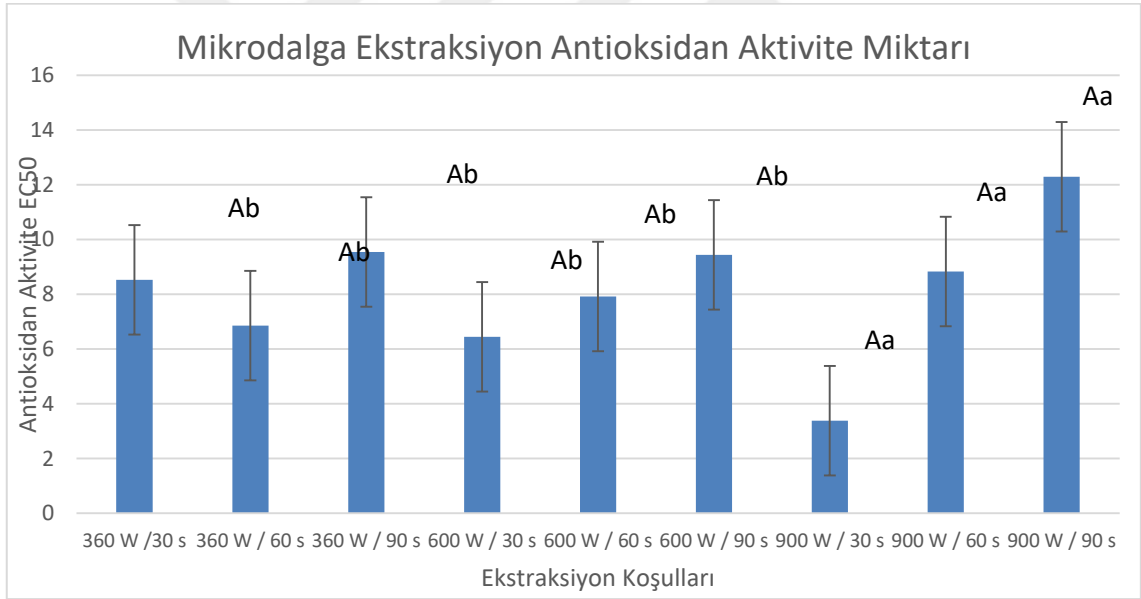
DPPH ticari olarak elde edilebilen stabil organik nitrojen radikalidir. 517 nm' de maksimum absorbanza sahiptir. Molekülde bir serbest elektronun yer değiştirmesi menekşe renginin oluşmasına neden olur. DPPH solüsyonu hidrojen atomu verebilen madde (antioksidan) ile karıştırıldığı zaman koyu menekşe rengin kaybı ile indirgenmiş form oluşur. Bu renk değişim derecesi antioksidan derişimiyle orantılıdır. Antioksidan tarafından DPPH serbest radikaline proton transferi reaksiyonu 517 nm' de absorbanstın azalmasına neden olur. Düşük absorbanst DPPH radikalinin miktarındaki azalmanın belirtisidir. Çalışmada bu süreç UV-GB spektrofotometresi ile absorbanst sabitlenene kadar takip edildi. Kontrol olarak metanol kullanıldı. DPPH reaktifinin birçok lipid peroksidasyonuna sebep olan peroksil radikallerinin tersine yavaş tepkime vermesi ve anntioksidan kapasitesi ile her zaman doğrusallık göstermemesi DPPH analizinin en önemli dezavantajlarındanır.

DPPH reaktifinin birçok lipid peroksidasyonuna sebep olan peroksil radikallerinin tersine yavaş tepkime vermesi ve anntioksidan kapasitesi ile her zaman doğrusallık göstermemesi DPPH analizinin en önemli dezavantajlarındanır.

Grafiklerden hesaplanan EC50 değerleri ne kadar düşükse DPPH radikalini süpürme aktivitesi o kadar yüksek olmaktadır. Buna göre çalışma kapsamındaki EC50 değerleri Çizelge 4.6' da gösterilmiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon antioksidan aktivite miktarları Şekil 4.5.' de verilmiştir.

**Çizelge 4. 6.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon EC50 değerleri

Ekstraksiyon koşulları	EC50 değerleri (mg/ml)
360 W / 30 s	8.528288
360 W / 60 s	6.85772
360 W / 90 s	9.545958
600 W / 30 s	6.44086
600 W / 60 s	7.920849
600 W / 90 s	9.436216
900 W / 30 s	3.383421
900 W / 60 s	8.832738
900 W / 90 s	12.28898



**Şekil 4. 5.** Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini

Büyük harflerdeki farklılık gücün, küçük harflerdeki farklılık zamanın antioksidan aktivite üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

72.13, sıcaklık 72.02 °C, mikrodalga gücü 162.27 W, ekstraksiyon süresi 16.29 dakika olduğunu ve antioksidan madde miktarını 177.16  $\mu\text{molTE g}^{-1}$  (ORAC) olarak belirlemişlerdir.

Bir çalışmada, melocanın yaprak, meyve ve filizleri, üç farklı ekstraksiyon yöntemi geleneksel ekstraksiyon (GE), ultrasonik destekli ekstraksiyon (UDE) ve mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) ile elde edilen ekstraktlarında, toplam fenolik madde (TFM), toplam antioksidan kapasite miktarları (TAK) ve fenolik bileşenleri incelenmiştir. Toplam antioksidan kapasitesi, yaprak, meyve ve filizde sırasıyla; GE ile  $69.12 \pm 1.77$ ,  $67.62 \pm 9.83$  ve  $39.18 \pm 1.07$  mg troloks/g kuru ağırlık; UDE ile  $67.01 \pm 1.70$ ,  $80.69 \pm 3.97$  ve  $40.10 \pm 4.97$  mg troloks/g kuru ağırlık, MDE ile  $83.82 \pm 5.72$ ,  $76.02 \pm 6.96$  ve  $53.90 \pm 3.13$  mg troloks/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Şahin, 2019).

#### 4.2.3. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Renk Tayini

L\* değeri parlaklık değerini vermekte olup, ölçülen renge göre 0-100 arasında değişen değerler alabilmektedir. a\* pozitif değer aralığında ölçülen renk kırmızı, negatif değer aralığında ölçülen renk ise yeşil olmaktadır. Aynı şekilde b\* pozitif değer aralığında ölçülen renk sarı, negatif değer aralığında ise mavidir (Çelik, 2004).

L\* rengin parlaklığında meydana gelen değişimleri göstermektedir. L\* değeri 100'e yaklaştıkça maksimum değerini almakta ve bu renge gönderilen ışığın % 100'ünün yansımaya esasına dayanmaktadır. a\* değeri yeşilden kırmızıya, b\* değeri ise maviden sarıya renk değişimini göstermektedir. a\* nın pozitif değerleri kırmızı, negatif değerleri yeşil rengi; b\*'nin pozitif değerleri sarı, negatif değerleri mavi rengi göstermektedir. Değerlerin artan biçimde negatif veya pozitif olmaları rengin koyulaşması anlamına gelmektedir (Abbot, 1999).

Çizelge 4.2.'de mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları verilmiştir. Görüldüğü gibi farklı süre ve güçlerdeki brokoli örneklerinin L\*, a\*, b\* değerleri arasında farklılıklar gözlenmiştir.

En yüksek L\* değeri  $36.23$  ile  $900 \text{ W} / 90 \text{ s}$  koşulundaki ekstraksiyonda görülürken, en düşük L\* değeri ise  $22.34$  ile  $360 \text{ W} / 60 \text{ s}$  koşulundaki ekstraksiyonda belirlenmiştir. a\*değerinde en yüksek değer  $7.36$  ile  $360 \text{ w} / 60 \text{ s}$  koşulundaki ekstraksiyonda belirlenirken en düşük a\* değeri  $0.43$  ile  $60 \text{ }^\circ\text{C} / 30 \text{ dk}$  koşulunda belirlenmiştir. b\*değerinde en yüksek değer  $16.72$  ile  $20 \text{ }^\circ\text{C} / 15 \text{ dk}$  koşulundaki ekstraksiyonda belirlenirken en düşük b\* değeri  $2.67$  ile  $900 \text{ W} / 90 \text{ s}$  koşulunda belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 7.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları

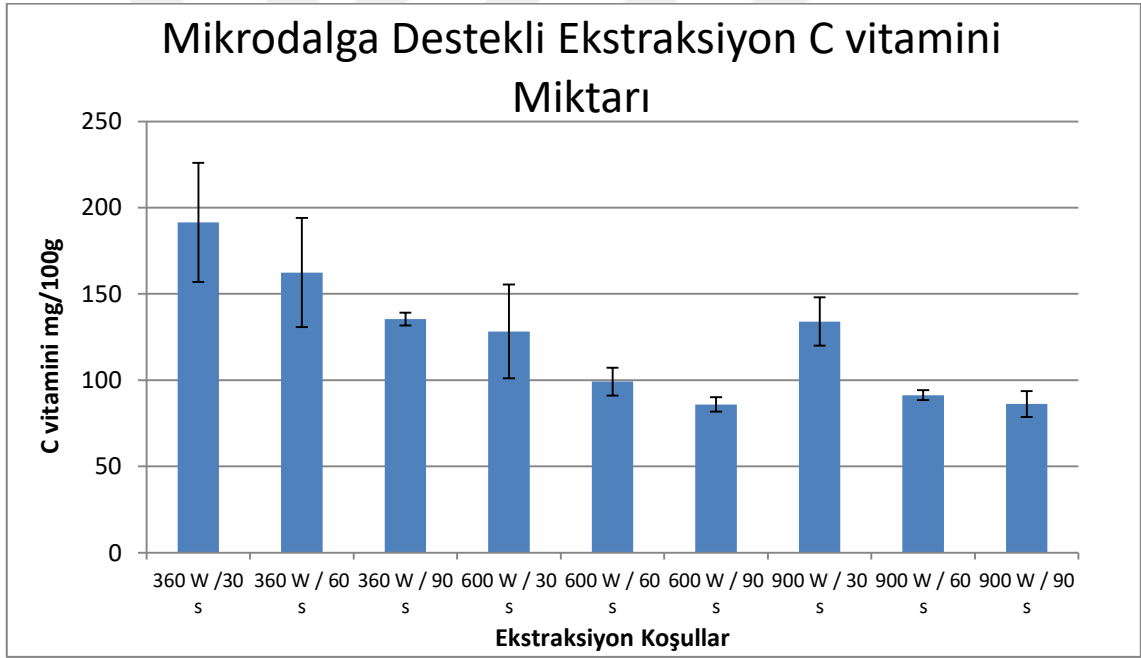
	L*	a*	b*
360 W / 30 s	27.14	3.41	18.30
360 W / 60 s	22.34	7.36	12.18
360 W / 90 s	23.69	5.53	13.54
600 W / 30 s	27.15	6.77	20.79
600 W / 60 s	26.7	6.45	20.02
600 W / 90 s	28.80	4.71	22.81
900 W / 30 s	26.69	6.41	20.18
900 W / 60 s	31.45	2.69	27.28
900 W / 90 s	36.23	0.43	28.83

#### **4.2.4. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C vit.) Tayini**

Renksiz kristallerden oluşan C vitamini, bir antiskorbüt faktörüdür. Hem indirgen gücü olan hem de asidik özellik veren bir dienol grup ihtiva eder. Aynı şekilde C vitamini güçlü indirgeyici aktiviteye sahip olduğundan güçlü bir antioksidandır. Süperoksit ve hidroksil radikali ile kolayca reaksiyona girerek onların inaktive edilmesinde rol oynar (Karataş, 2011). Çizelge 4.8' de mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) miktarları verilmiştir.

**Çizelge 4. 8.**Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) miktarları

Ekstraksiyon koşulları	mg/100 g
360 W /30 sn	191.4515
360 W / 60 sn	162.4175
360 W / 90 sn	135.3893
600 W / 30 sn	128.2158
600 W / 60 sn	99.168
600 W / 90 sn	85.97095
900 W / 30 sn	134.00
900 W / 60 sn	91.335
900 W / 90 sn	86.17717



**Şekil 4. 6.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini grafiği

Büyük harflerdeki farklılık gücün, küçük harflerdeki farklılık zamanın C vitamini üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Şekil 4.6' da mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini grafiği verilmiştir. En yüksek C vitamini miktarı 360 W / 30 s koşulunda 191.451 mg /

100 g olarak görülmekte iken en düşük C vitamini miktarı 600 W / 90 s koşulunda 85.970 mg / 100 g' dır.

### **4.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon**

#### **4.3.1. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Tayini**

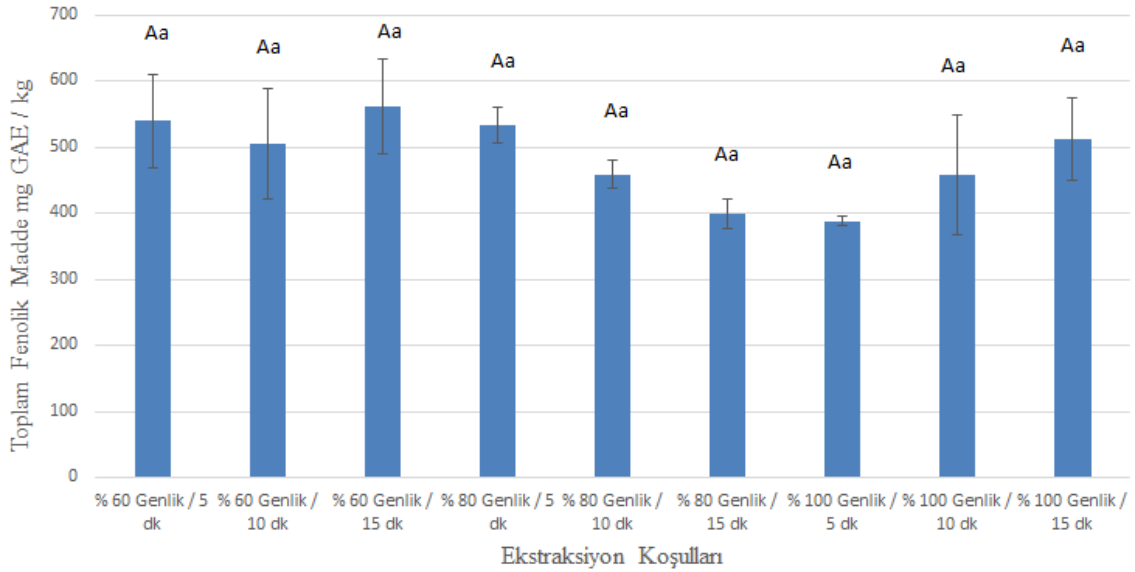
Kurutulmuş brokoli örneklerinden fenolik maddelerin ultrases destekli ekstraksiyonu için farklı güç (% 60, 80, 100) ve süreler (5, 10, 15 s) uygulanmıştır.

Çalışmaya antioksidan aktivitesi açısından belirleyici olan fenolik bileşiklerin analizi ile başlanmıştır. Ultrases destekli ekstraksiyon için kullanılan bağımsız değişkenler olan sıcaklık ve süre aralığı ile bağımlı değişken olarak kullanılan toplam fenolik madde değerleri incelenmiştir. Toplam fenolik madde tayini Folin – Ciocalteu metoduna göre uygulanmıştır. Folin-Ciocalteu yöntemi, gıdaların antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde basit, tekrarlanabilir ve güvenilir bir yöntemdir (Singleton vd., 1999). Antioksidan çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. FC ayırıcı ticari olarak satılmaktadır. Standart olarak gallik asit kullanılmış olup, ekstraktların absorbansları çizilen kalibrasyon eğrisine bakılıp okunarak toplam fenolik madde konsantrasyonu, eşdeğer gallik asit değeri olarak GAE/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.9' da ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları verilmiştir.

Sonuçlara göre, brokoli numunelerinde fenolik madde miktarı en yüksek % 60 genlik / 15 dk koşulunda 561.84 mg GAE / kg, en düşük % 100 genlik / 5 dk koşulunda 388.45 mg GAE / kg olarak bulunmuştur. Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları Şekil 4.7. ' de verilmiştir. .

**Çizelge 4. 9.** Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarları (mg/kg) ve ekstraksiyon koşulları

Ekstraksiyon koşulları	mg/kg
% 60 Genlik / 5 dk	539.4527363
% 60 Genlik / 10 dk	505.6218905
% 60 Genlik / 15 dk	561.840796
% 80 Genlik / 5 dk	533.2338308
% 80 Genlik / 10 dk	459.1044776
% 80 Genlik / 15 dk	399.1542289
% 100 Genlik / 5 dk	388.4577114
% 100 Genlik / 10 dk	457.6119403
% 100 Genlik / 15 dk	511.840796



**Şekil 4. 7.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde tayini grafiği

Büyük harflerdeki farklılık genliğin, küçük harflerdeki farklılık zamanın toplam fenolik madde miktarı üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Yapılan bir çalışmada *Brassica oleracea* L. var. *sabellica*'ye ultrases ekstraksiyon yöntemi uygulanmış ve ultrases yönteminin fenolik ekstraksiyonu üzerine etkili olduğunu ve koşulların fenolik içeriğini etkilediğini tespit etmişlerdir. Optimum koşulların etanol konsantrasyonunun % 80, ekstraksiyon süresinin 60 dk, ultrases genliğinin %100 olduğunu belirtmişlerdir (Oniszczuk ve Olech, 2016).

Gilaburu (*Vibirnum opulus* L.) meyvesinin ultrason destekli ekstraksiyonu adlı çalışmada, üç farklı katı:solvent oranı (5:100, 10:100, 15:100) ve 6 farklı işlem süresi kullanılarak (1 dk , 10 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 120 dk) su ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı değerlerine göre optimum katı:solvent oranı ve optimum ekstraksiyon süresi sırasıyla 5:100 ve 60 dakika olarak bulunmuştur. Ultrason destekli ekstraksiyon sonuçlarına göre toplam fenolik madde miktarları  $26.61 \pm 1.78$  ile  $50.93 \pm 1.16$  mg gallik asit/g kuru madde değerleri arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır (Alifakı vd., 2018).

Bir çalışmada, 20 farklı Amerikan, İspanyol ve İtalyan fındıklarındaki toplam fenolik bileşik içeriğini tespit etmek için ekstraksiyon işleminde ultrason işlemi uygulanmış, çözen olarak metanol kullanmıştır. Çalışma sonucunda toplam fenolik bileşik içeriğini 87- 478 mg GAE/kg olarak bulunmuştur.

Bir çalışma, gelincik bitkisi taç yapraklarından ultrason destekli ekstraksiyonla optimum fenolik bileşiklerin eldesini hedeflenmiştir. Uygun etil alkol konsantrasyonunu belirlemek için beş farklı konsantrasyonda (%0, 25, 50, 75 ve 100) çalışılmıştır. Buna göre ultrason destekli ekstraksiyon için optimum koşullar, 26.46 °C ekstraksiyon sıcaklığı, 10.75 dakika ekstraksiyon süresi ve 1:400 g/ml katı: çözücü oranı olarak belirlenmiştir. Optimum koşullar altında tahmin edilen maksimum toplam fenolik madde 74.35 mg GAE/g olarak bulunmuştur (Bediz, 2019).

Kırmızı üzümde toplam fenolik bileşik, kondense tanen ve antosiyanin ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmada klasik maserasyona alternatif olarak ultrasonik ses dalgası destekli ekstraksiyonun uygulanabilirliği araştırılmıştır. Ekstraksiyon çözücüsü olarak metanol-su karışımının kullanıldığı ultrasonik ekstraksiyon (6 dakika) ile klasik ekstraksiyona (60 dakika) kıyasla çok daha kısa sürede daha yüksek verim elde edilmiştir (Carrera vd., 2012).

Çeşitli kırmızı Portekiz üzümünün kabuğundan flavonoidlerin ekstraksiyonu ultrason destekli ekstraksiyon ile gerçekleştirilmiş, ekstraksiyon çözücüsü olarak metanol içinde hidroklorik asit kullanılmıştır. Bu işlem ile azalan ultrasonikasyon süresine bağlı olarak fenolik bileşiklerin istenmeyen bozulması engellenmiş, böylece kırmızı üzüm kabuğunda başlıca antosiyaninlerin yer aldığı flavonoid ekstraksiyonu geliştirilmiştir. (Novak vd., 2008).

Bir çalışmada, Campbell Early üzüm çekirdeğinde fenolik bileşik, antosiyanin ve antioksidanların maksimum ekstraksiyonu için ultrasonik dalga kullanılarak yapılan çalışmada etanol konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi yanıt yüzey yöntemi (RSM) kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum koşullar; maksimum toplam fenolik bileşik (5.44 mg GAE/100 mL) için % 53.15 etanol, 56.03 °C sıcaklık, 29.03 dakika süre; maksimum antioksidan aktivite (12.31 mg/mL) için % 53.06 etanol, 60.65 °C sıcaklık ve 30.58 dakika; maksimum toplam antosiyanin (2.28 mg/mL) için % 52.35 etanol, 55.13 °C sıcaklık, 29.49 dakika olarak belirlenmiştir. Bu koşullar altında üzüm çekirdeği ekstraktında belirlenen deneysel toplam fenolikler 5.41 mg GAE/100 mL, antioksidan aktivite 12.28 mg/mL ve toplam antosiyanin 2.29 mg/mL olarak saptanmış ve tahmin edilen değerlere uygun olduğu görülmüştür (Ghafoor vd., 2009).

#### **4.3.2. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite Tayini**

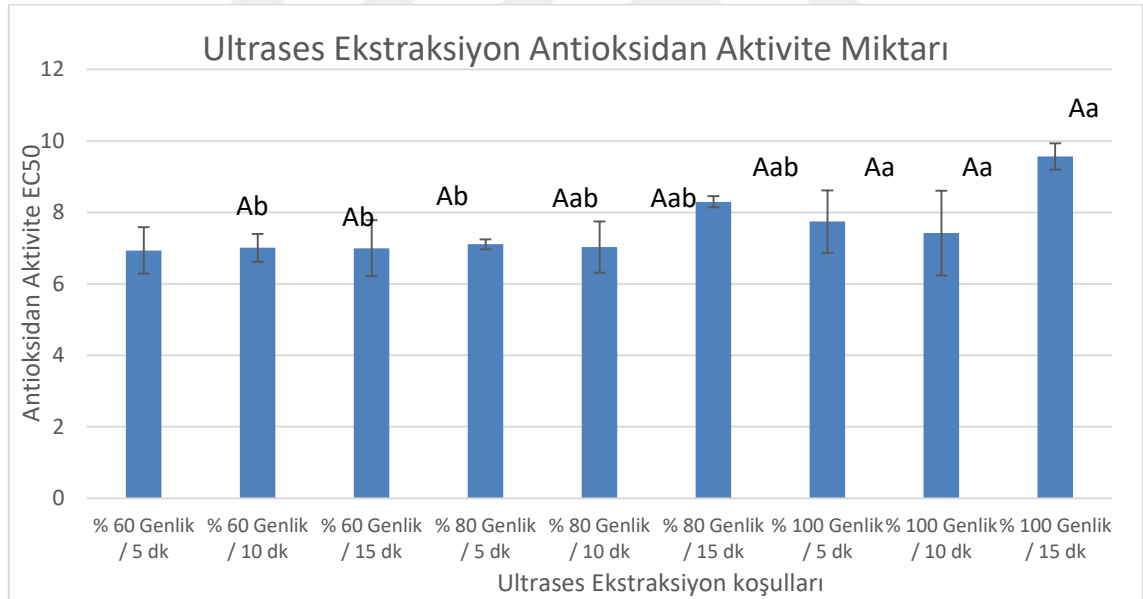
Serbest radikal giderme, antioksidanların lipid oksidasyonunu inhibe eden yöntemlerden biridir. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal giderme yöntemi kısa zaman içerisinde bazı bileşiklerin veya ekstraktların antioksidan aktivitesini ölçmede kullanılır. DPPH ticari olarak elde edilebilen stabil organik nitrojen radikalidir. 517 nm' de maksimum absorbansa sahiptir. Molekülde bir serbest elektronun yer değiştirmesi menekşe renginin oluşmasına neden olur. DPPH solüsyonu hidrojen atomu verebilen madde (antioksidan) ile karıştırıldığı zaman koyu menekşe rengin kaybı ile indirgenmiş form oluşur. Bu renk değişim derecesi antioksidan derişimiyle orantılıdır. Antioksidan tarafından DPPH serbest radikaline proton transferi reaksiyonu 517 nm' de absorbansın azalmasına neden olur. Düşük absorbans DPPH radikalinin miktarındaki azalmanın belirtisidir. Çalışmada bu süreç UV-GB spektrofotometresi ile absorbans sabitlenene kadar takip edildi. Kontrol olarak metanol kullanıldı. DPPH reaktifinin birçok lipid peroksidasyonuna sebep olan peroksil radikallerinin tersine yavaş tepkime vermesi ve anntioksidan kapasitesi ile her zaman doğrusallık göstermemesi DPPH analizinin en önemli dezavantajlarındanır.

Grafiklerden hesaplanan EC<sub>50</sub> değerleri ne kadar düşükse DPPH radikalini süpürme aktivitesi o kadar yüksek olmaktadır. Buna göre çalışma kapsamındaki EC<sub>50</sub> değerleri Çizelge 4.10' da gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 10.** Ultrases destekli ekstraksiyon EC<sub>50</sub> değerleri

Ekstraksiyon koşulları	EC <sub>50</sub> değerleri (mg/ml)
% 60 Genlik / 5 dk	6.936285
% 60 Genlik / 10 dk	7.013871
% 60 Genlik / 15 dk	6.998033
% 80 Genlik / 5 dk	7.107751
% 80 Genlik / 10 dk	7.027278
% 80 Genlik / 15 dk	8.297536
% 100 Genlik / 5 dk	7.745291
% 100 Genlik / 10 dk	7.421481
% 100 Genlik / 15 dk	9.567552

Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile yapılan antioksidan aktivite miktarları Şekil 4.8' de verilmiştir.



**Şekil 4. 8.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite tayini grafiği. Büyük harflerdeki farklılık genliğin, küçük harflerdeki farklılık zamanın antioksiadan aktivite üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir (p<0,05).

Gilaburu (*Vibirnum opulus* L.) meyvesinin ultrason destekli ekstraksiyonu adlı çalışmada, üç farklı katı:solvent oranı (5:100, 10:100, 15:100) ve 6 farklı işlem süresi kullanılarak (1 dk , 10 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 120 dk) su ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite değeri ultrason destekli

ekstraksiyonda 5:100 katı:solvent oranında  $13.89 \pm 1.21$  mg DPPH/g kuru madde olarak tespit edilmiştir (Alifakı, 2018).

Bir çalışmada, gelincik bitkisi taç yapraklarından ultrason destekli ekstraksiyonla optimum fenolik bileşiklerin eldesi incelenlenmiştir. Uygun etil alkol konsantrasyonunu belirlemek için beş farklı konsantrasyonda (%0, 25, 50, 75 ve 100) çalışılmıştır. Gelincik çiçeği taç yapraklarının antioksidan aktivitesini belirlemek için DPPH serbest radikalini giderme etkisi analizi yapılmıştır. Bunun için Box-Behnken deneme planına göre ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen DPPH serbest radikalini giderme etkisi; en düşük (54.56 mmol/g) 45 °C ekstraksiyon sıcaklığı, 30 dakika ekstraksiyon süresi, 1:200 g/ml katı:çözücü oranında; en yüksek (697.17 mmol/g) ise 45 °C ekstraksiyon sıcaklığı, 10 dakika ekstraksiyon süresi, 1:400 g/ml katı:çözücü oranında bulunmuştur (Bediz, 2019).

*Cynara scolymus* L. ekstraktlarında DPPH radikali süpürme aktivitesi için, Soxhlet ekstraksiyonu (SE) ve Ultrases destekli ekstraksiyon (UAE) yöntemleri kullanılarak hazırlanan ekstreler, standartlarla (BHA ve q-tokoferol) karşılaştırılmıştır. Ultrases destekli ekstraksiyona 1, 5, 15 ve 30 dakika tabi tutulan örnekler ile, Soxhlet ekstraksiyonu kullanılarak hazırlanan örneklerin DPPH radikali süpürme aktivitesi üç ayrı deneme olarak incelenmiştir. Ultrases destekli ekstraksiyonda etanol ile hazırlanan ekstreler diğer çözücülerle hazırlanan ekstreler içinde en yüksek ve en istikrarlı sonuçları yansıtmıştır. (UAE-1; %89.09, UAE-5; %74.45, UAE-15; %65,57 UAE-30; %47,19) (Akdoğan, 2019).

#### **4.3.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Renk Tayini**

L\* değeri parlaklık değerini vermekte olup, ölçülen renge göre 0-100 arasında değişen değerler alabilmektedir. a\* pozitif değer aralığında ölçülen renk kırmızı, negatif değer aralığında ölçülen renk ise yeşil olmaktadır. Aynı şekilde b\* pozitif değer aralığında ölçülen renk sarı, negatif değer aralığında ise mavidir (Çelik, 2004).

L\* rengin parlaklığında meydana gelen değişimleri göstermektedir. L\* değeri 100'e yaklaştıkça maksimum değerini almakta ve bu renge gönderilen ışığın % 100'ünün yansımaya esasına dayanmaktadır. a\* değeri yeşilden kırmızıya, b\* değeri ise maviden

sarıya renk değişimini göstermektedir. a\* nın pozitif değerleri kırmızı, negatif değerleri yeşil rengi; b\*'nin pozitif değerleri sarı, negatif değerleri mavi rengi göstermektedir. Değerlerin artan biçimde negatif veya pozitif olmaları rengin koyulaşması anlamına gelmektedir (Abbot, 1999).

Çizelge 4.3'de ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi farklı süre ve genliklerdeki brokoli örneklerinin L\*, a\*, b\* değerleri arasında farklılıklar gözlenmiştir.

En yüksek L\* değeri 22.64 ile % 100 Genlik / 10 dk koşulundaki ekstraksiyonda görülürken, en düşük L\* değeri ise 18.18 ile % 100 Genlik / 15 dk koşulundaki ekstraksiyonda belirlenmiştir. a\*değerinde en yüksek değer 6.99 ile % 100 Genlik / 10 dk koşulundaki ekstraksiyonda belirlenirken en düşük a\* değeri 3.40 ile % 60 Genlik / 10 dk koşulunda belirlenmiştir. b\*değerinde en yüksek değer 15.62 ile % 100 Genlik / 5 dk koşulundaki ekstraksiyonda belirlenirken en düşük b\* değeri 6.8 ile % 100 Genlik / 15 dk koşulunda belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 11.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan renk tayini sonuçları

	L*	a*	b*
% 60 Genlik / 5 dk	19.15	5.14	7.90
% 60 Genlik / 10 dk	21.31	3.40	11.38
% 60 Genlik / 15 dk	19.66	5.81	7.15
% 80 Genlik / 5 dk	20.28	6.36	9.94
% 80 Genlik / 10 dk	21.65	6.54	12.33
% 80 Genlik / 15 dk	21.68	6.42	12.06
% 100 Genlik / 5 dk	21.97	4.23	15.62
% 100 Genlik / 10 dk	22.64	6.99	14.15
% 100 Genlik / 15 dk	18.18	6.49	6.8

Çalışmada uygulanan bağımsız değişkenlerin renk değerleri üzerine istatistiksel olarak etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). Birim katı madde için kullanılan solvent oranı arttıkça oluşan yüksek konsantrasyon gradientinin etkisiyle ekstraksiyonun hızlandığı daha önce belirtilmişti. Bu durumda, L\* değerinin gradient artışıyla azalması

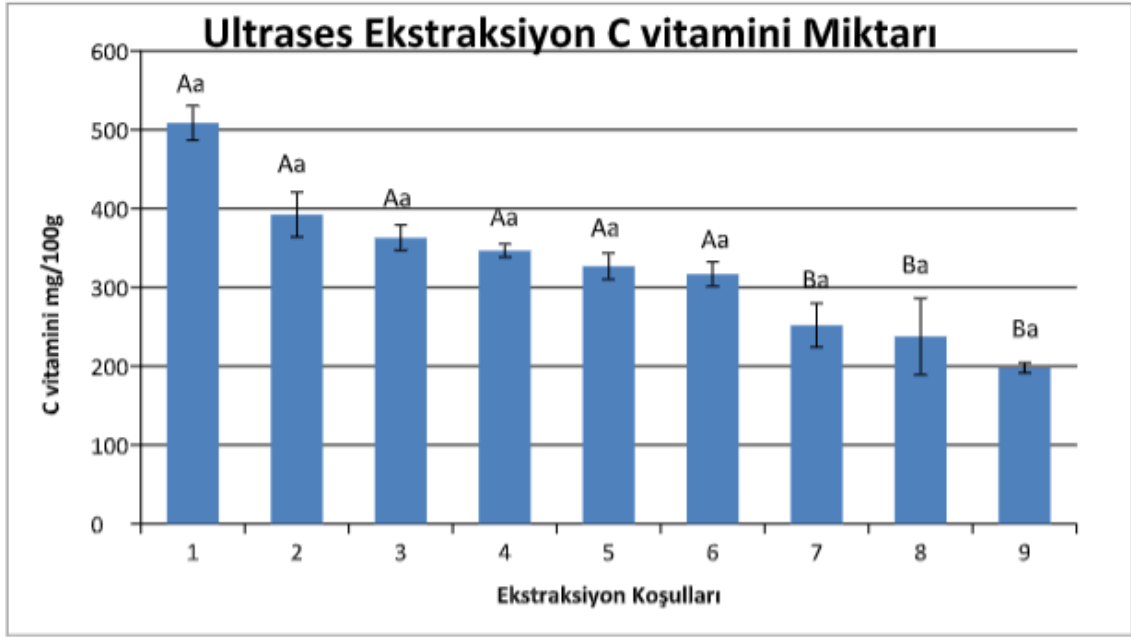
beklenirken arttığı gözlemlenmiştir. Bu beklenmedik sonuç işlem koşullarında (50°C'de) ekstrakte edilen ve koyu rengi oluşturan bazı renk pigmentlerinin zarar görmesi, bu nedenle koyu renk oluşturmaması ile açıklanabilir. İşlem süresinin etkisi incelendiğinde ise sadece 120 dakikalık ekstraksiyonun istatistiksel olarak etkili olduğu, diğer sürelerde bir fark oluşmadığı bulunmuştur. Elde edilen ekstraktların a\* ve b\* değerlerinin işlem süresi ile değişmediği sadece katı:solvent oranından etkilendiği görülmüştür.

#### 4.3.4. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C vit.) Tayini

Renksiz kristallerden oluşan C vitamini, bir antiskorbüt faktördür. Hem indirgen gücü olan hem de asidik özellik veren bir dienol grup ihtiva eder. Aynı şekilde C vitamini güçlü indirgeyici aktiviteye sahip olduğundan güçlü bir antioksidandır. Süperoksit ve hidroksil radikali ile kolayca reaksiyona girerek onların inaktive edilmesinde rol oynar (Karataş, 2011). Çizelge 4.12' de ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik sit (C vit.) miktarları gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 12.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) miktarları

Ekstraksiyon koşulları	mg/100 g
%60 / 5 dk	508.736493
%60 / 10 dk	392.35763
%60 / 15 dk	362.927163
%80 / 5 dk	346.638929
%80 / 10 dk	326.827331
%80 / 15 dk	316.860022
%100 / 5 dk	251.911964
%100 / 10 dk	237.821283
%100 / 15 dk	197.914324



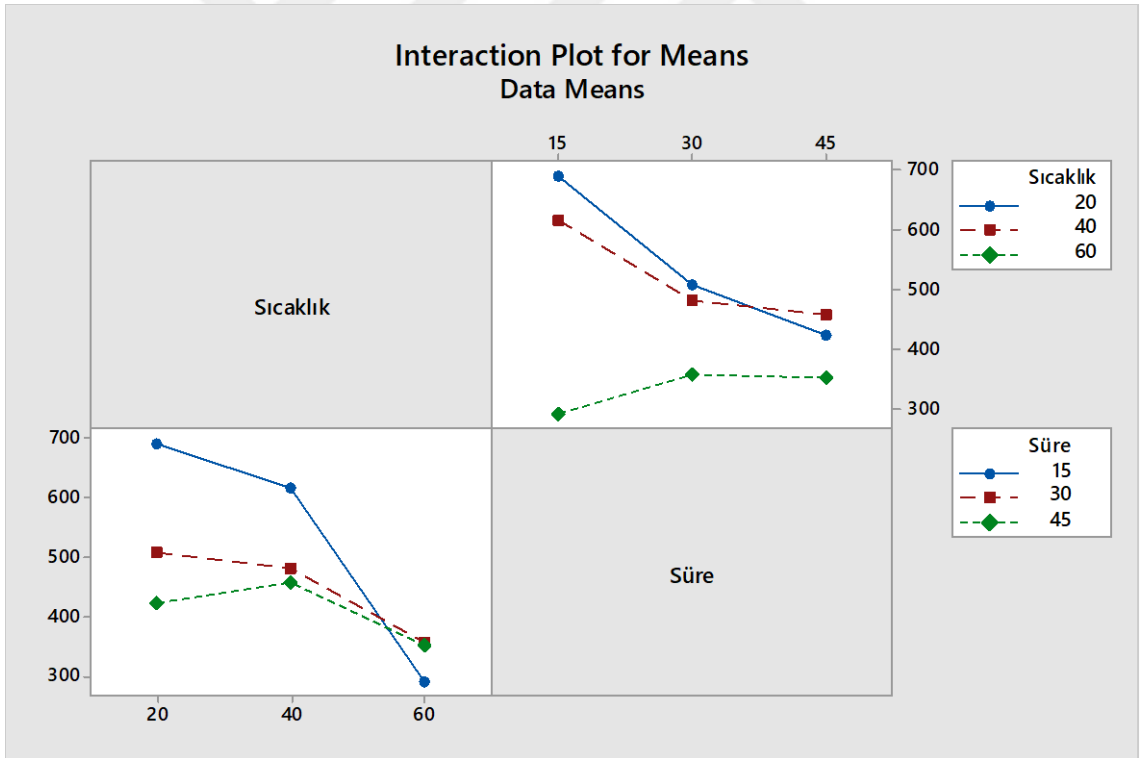
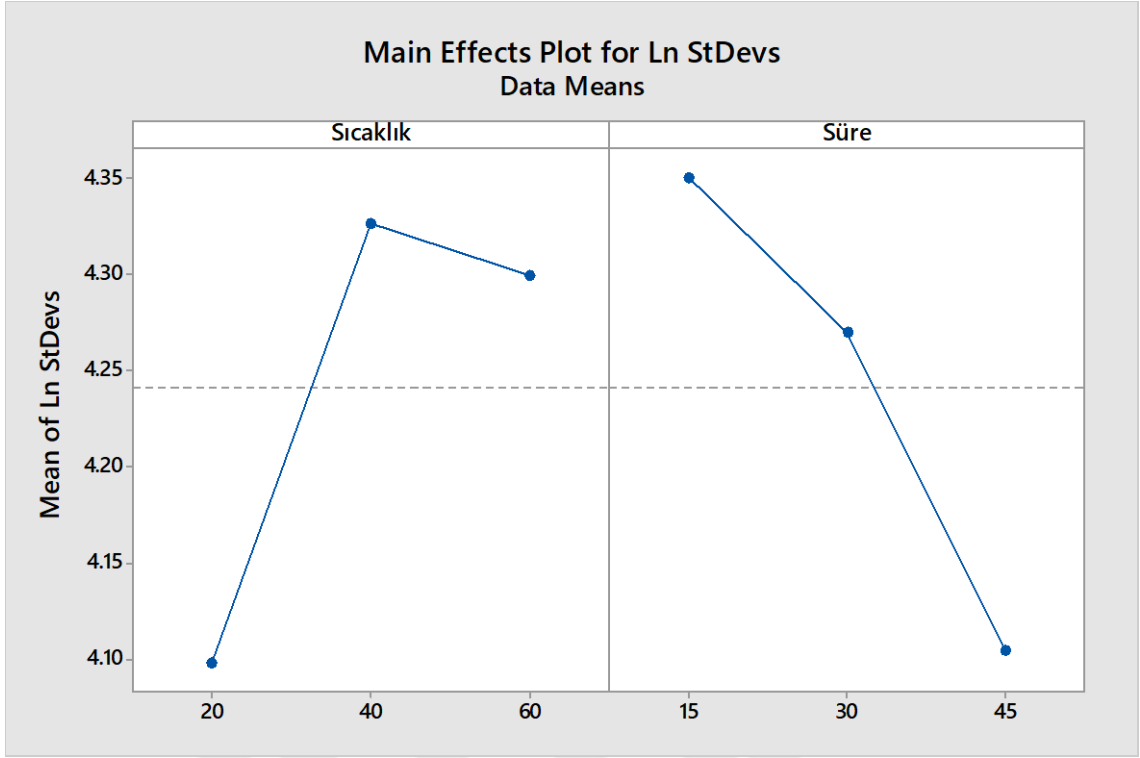
**Şekil 4. 9.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vit.) tayini grafiği Büyük harflerdeki farklılık genliğin, küçük harflerdeki farklılık zamanın C vitamini üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Şekil 4.9' da en yüksek C vitamini miktarı % 60 genlik / 5 dk koşulunda 508.736 mg / 100 g olarak görülmekte iken en düşük C vitamini miktarı % 100 genlik / 15 dk koşulunda 197.914 mg / 100 g' dır. Sonuçlardan da net bir şekilde görüldüğü üzere askorbik asit miktarı süreye bağlı olarak azalmaktadır.

#### 4.4 Taguchi Optimizasyonu

##### 4.4.1 Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Grafikleri

Klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen fenolik bileşiklerin tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.10'te görülmektedir. Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.



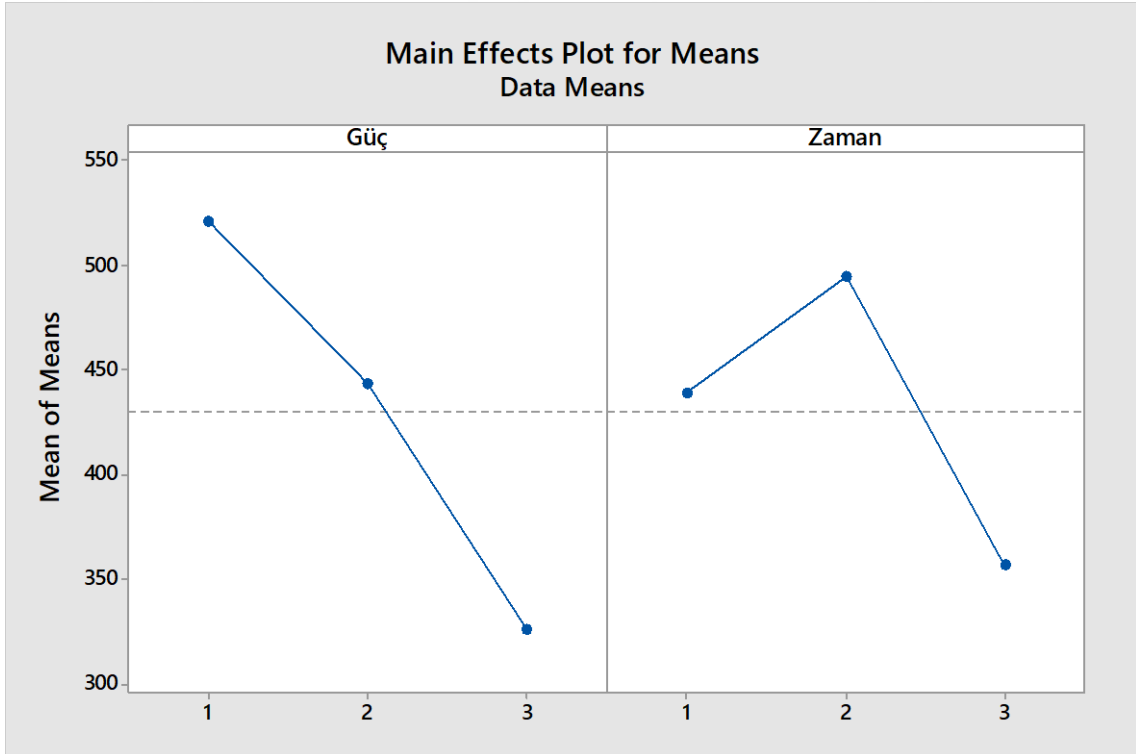
**Şekil 4. 10.** Klasik ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

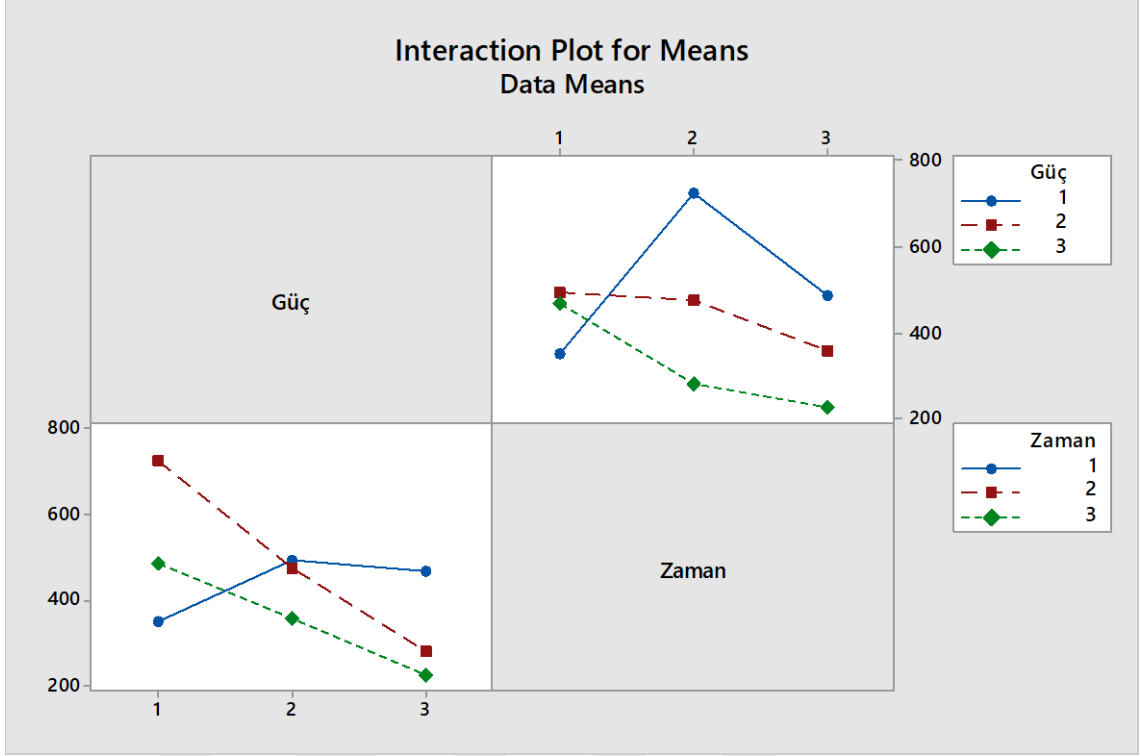
Buna göre sıcaklık ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu ekstraksiyon sıcaklığı 20 °C ve süre 15 dk olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Grafikleri

Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen fenolik bileşiklerin tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.11’de görülmektedir.

Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.



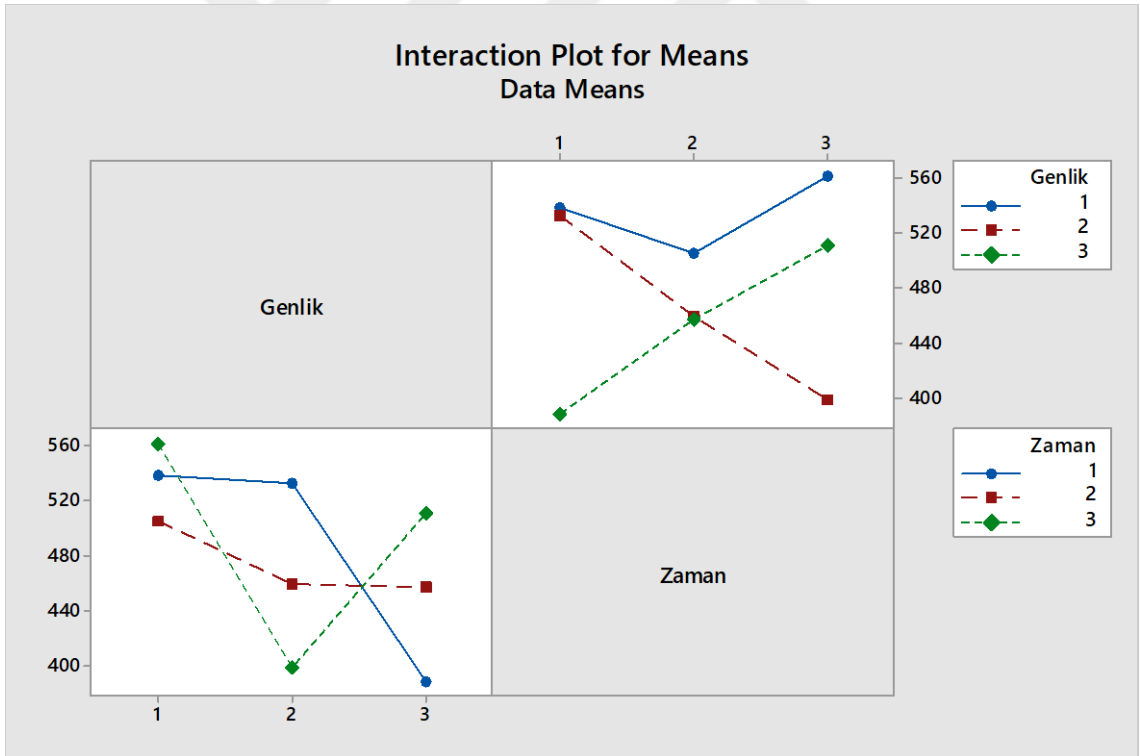
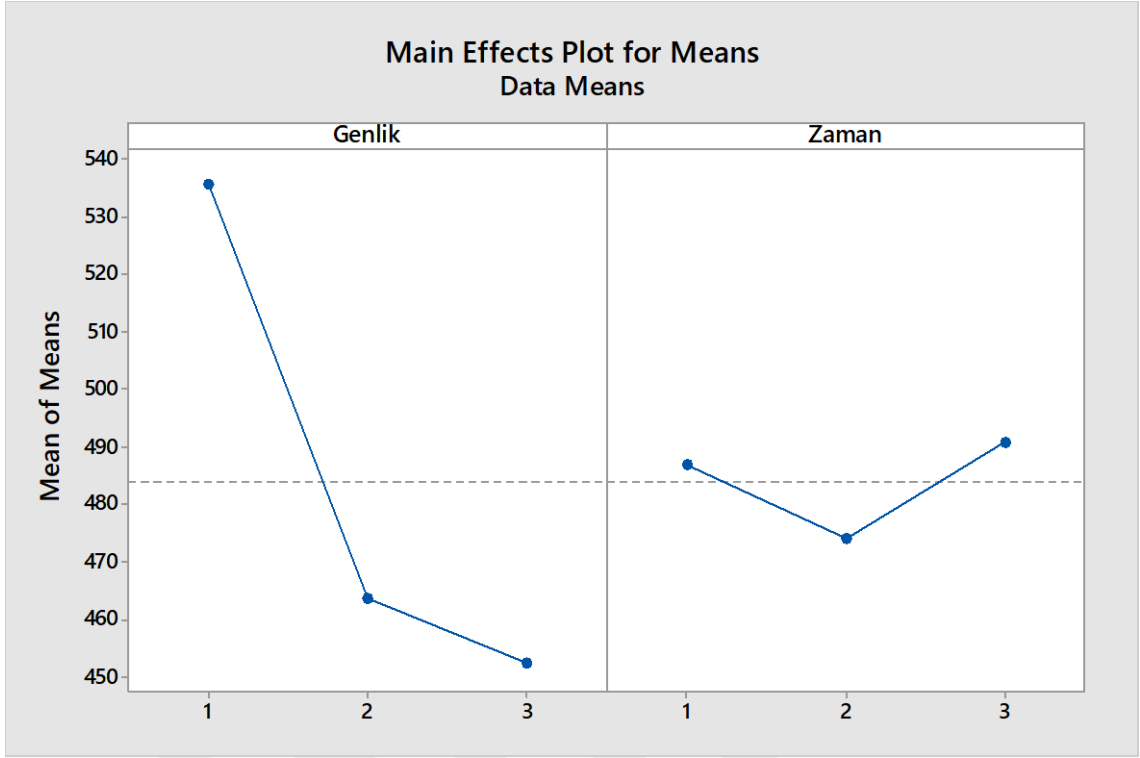


**Şekil 4. 11.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde grafiğinde de görüldüğü gibi toplam fenolik madde miktarı mikrodalga gücü ve ekstraksiyon süresiyle ters orantı göstermektedir. Buna göre güç ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu mikrodalga gücü 360 W ve süre 60 dk olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.3. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Toplam Fenolik Madde Grafikleri

Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen fenolik bileşiklerin tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.12’de görülmektedir. Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.



**Şekil 4. 12.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

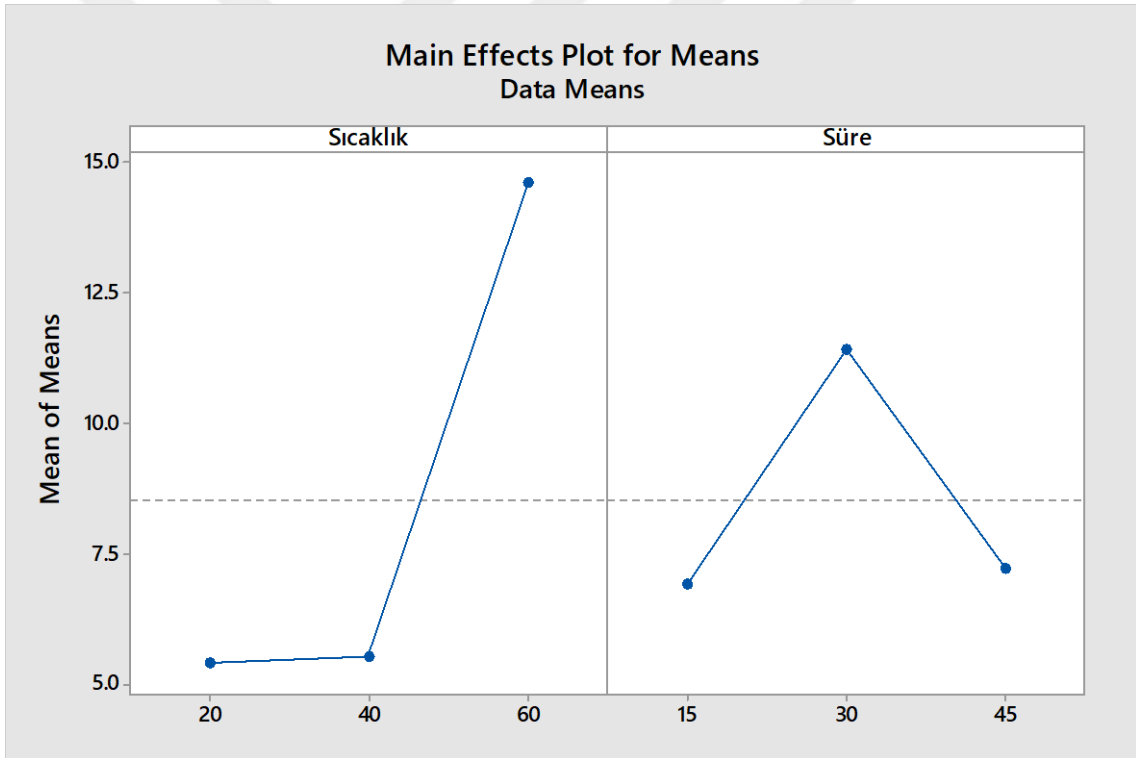
Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan toplam fenolik madde grafiğinde de görüldüğü gibi toplam fenolik madde miktarı ultrases genliği ve ekstraksiyon süresiyle ters orantı

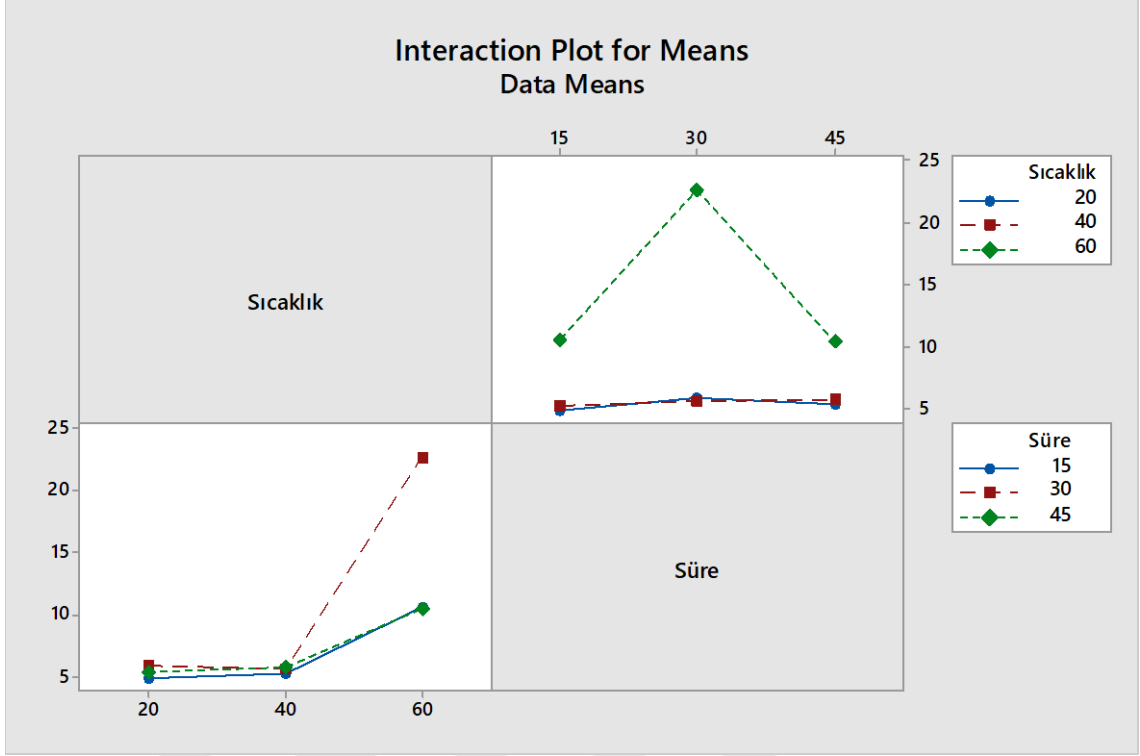
göstermektedir. Buna göre ultrases genliği ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu ultrases genliği % 60 ve süre 15 dk olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.4. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite (EC<sub>50</sub>) Grafikleri

Klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.13'de görülmektedir.

Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.





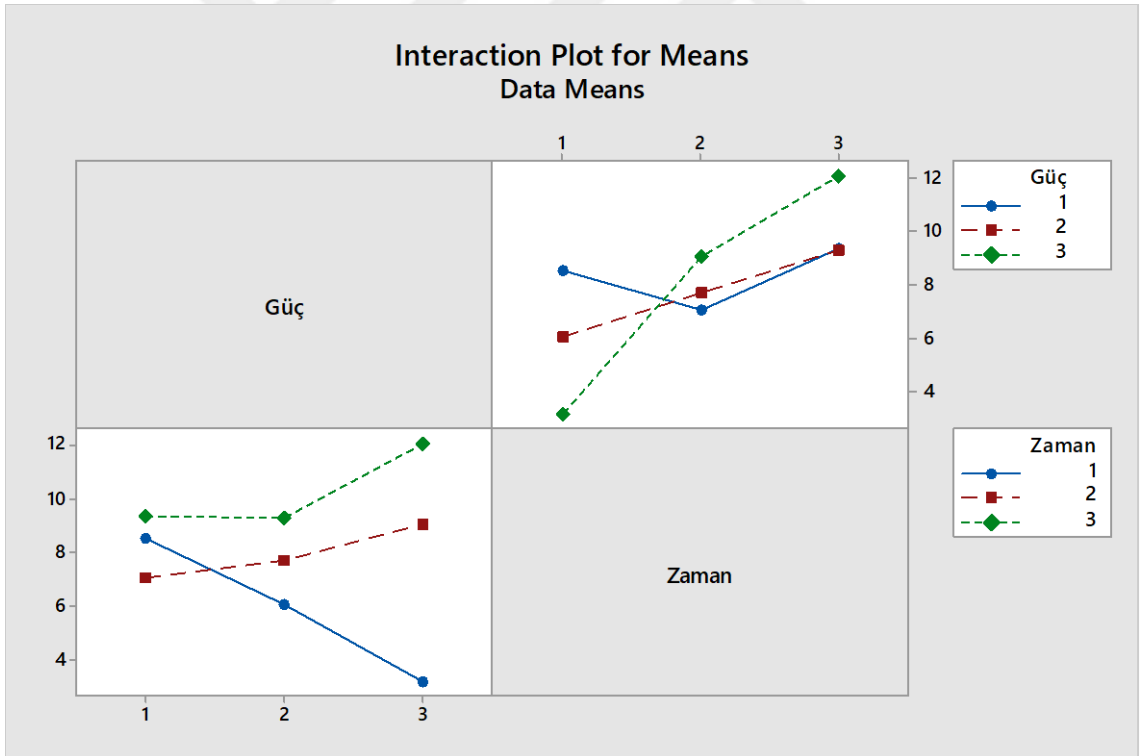
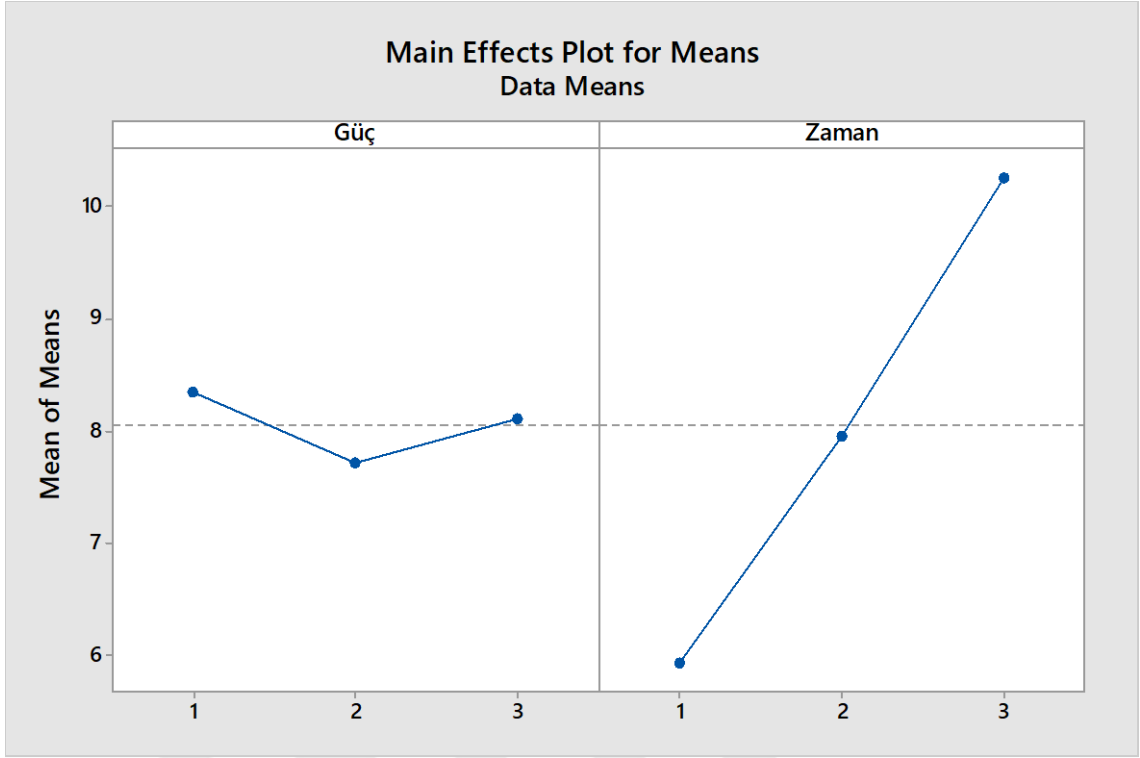
Şekil 4. 13. Klasik ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite (EC<sub>50</sub>) optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

Buna göre sıcaklık ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu ekstraksiyon sıcaklığı 60 °C ve süre 30 dk olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.5. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite (EC<sub>50</sub>) Grafikleri

Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.14’de görülmektedir.

Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.

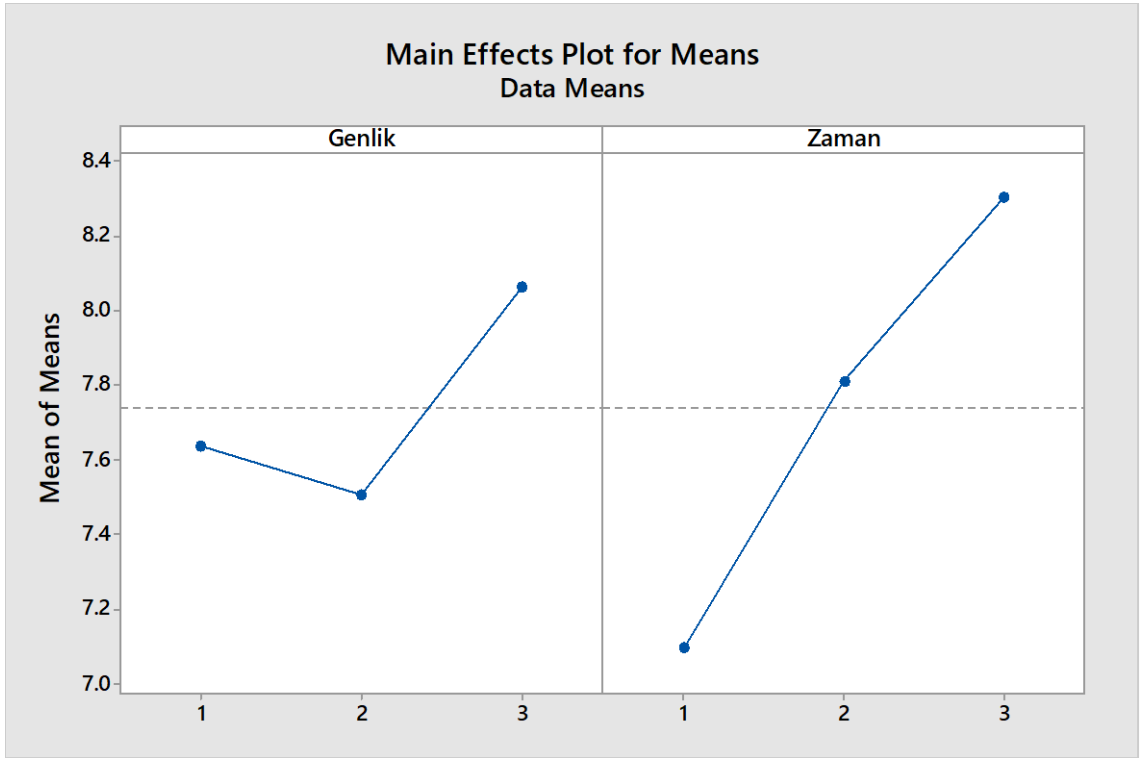


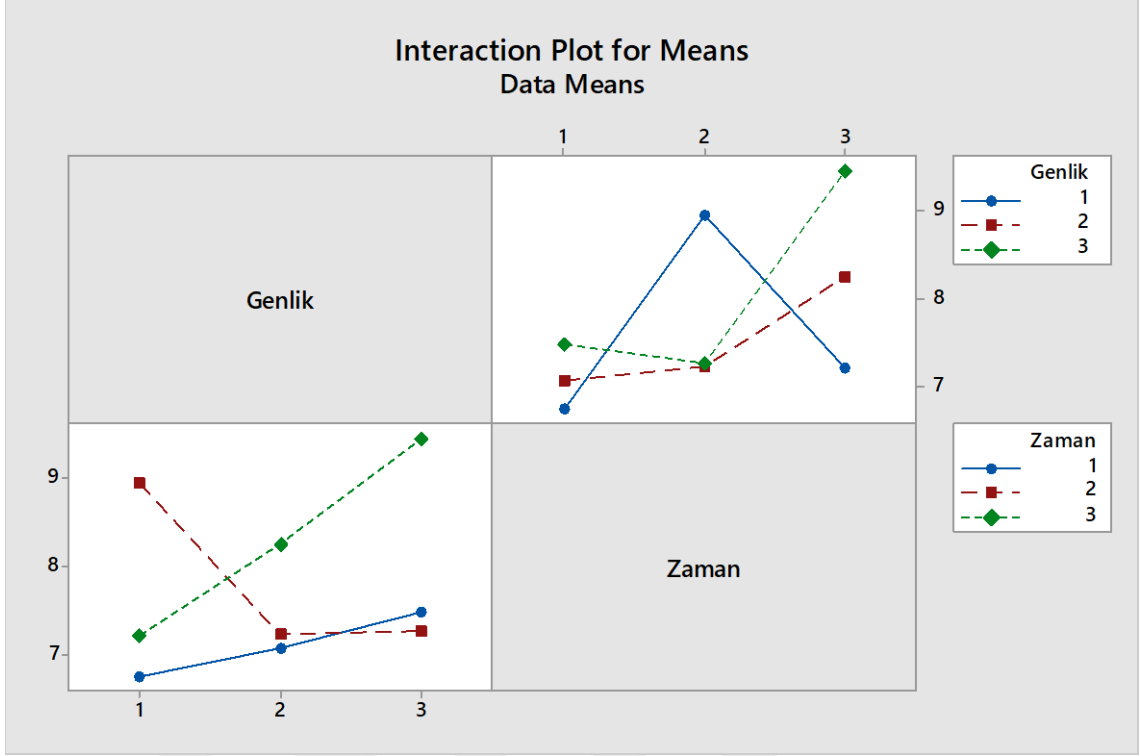
**Şekil 4. 14.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite (EC50) optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

Buna göre mikrodalga gücü ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu mikrodalga gücü 900 W ve süre 90 s olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.6. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan Antioksidan Aktivite ( $EC_{50}$ ) Grafikleri

Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.15’da görülmektedir. Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.



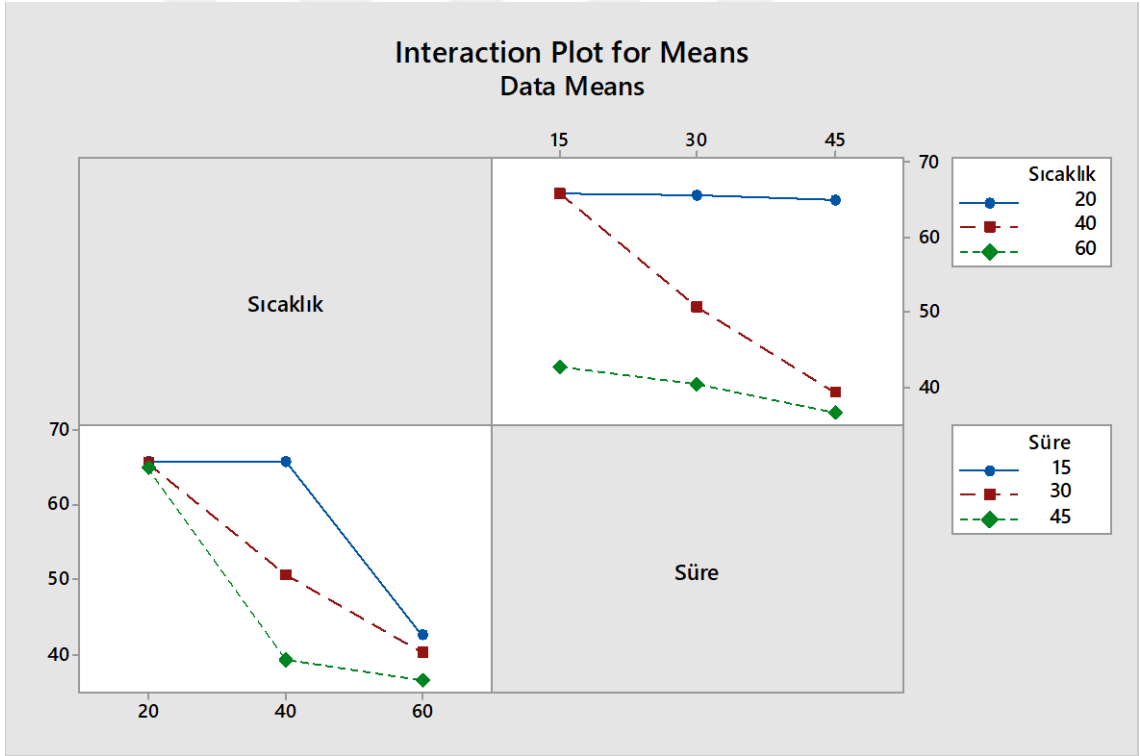


**Şekil 4. 15.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan antioksidan aktivite (EC50) optimizasyon deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

Buna göre ultrases genlik ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu ultrases genlik % 60 ve süre 10 dk olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.7. Klasik Ekstraksiyon ile Yapılan Askorbik Asit (C Vitamini) Grafikleri

Klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen askorbik asit tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler şekil 4.16'da görülmektedir. Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.



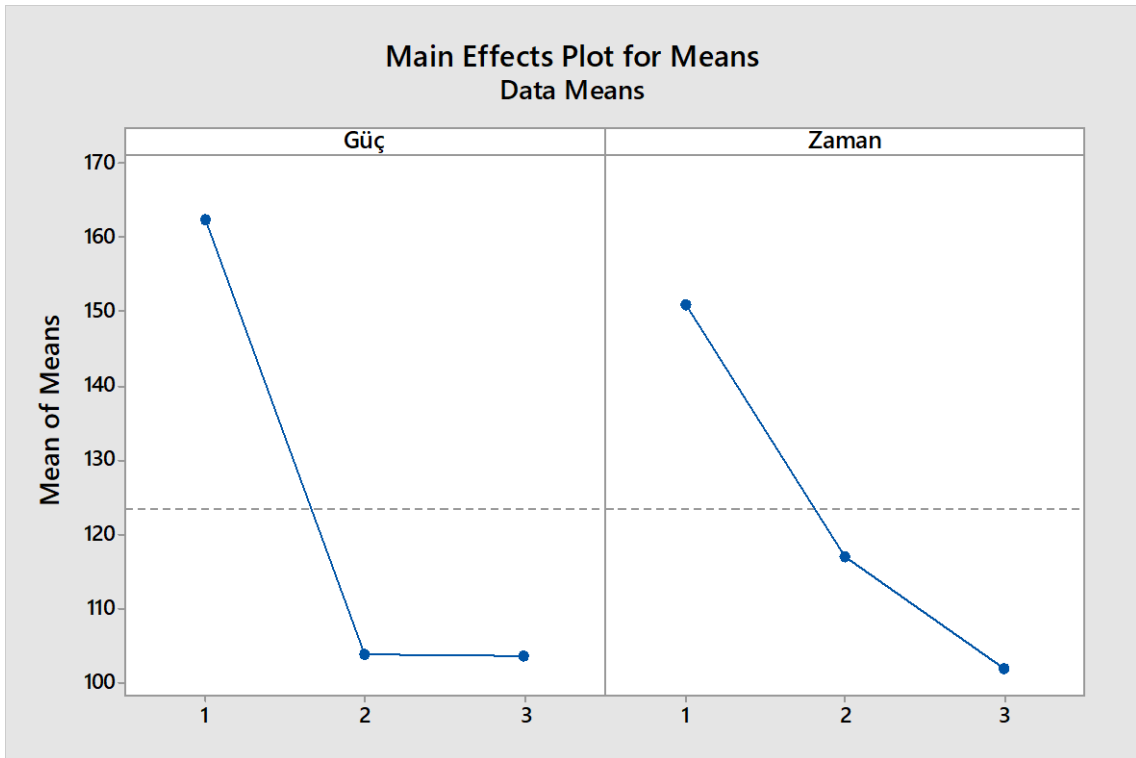
**Şekil 4. 16.** Klasik ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vitamini) deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

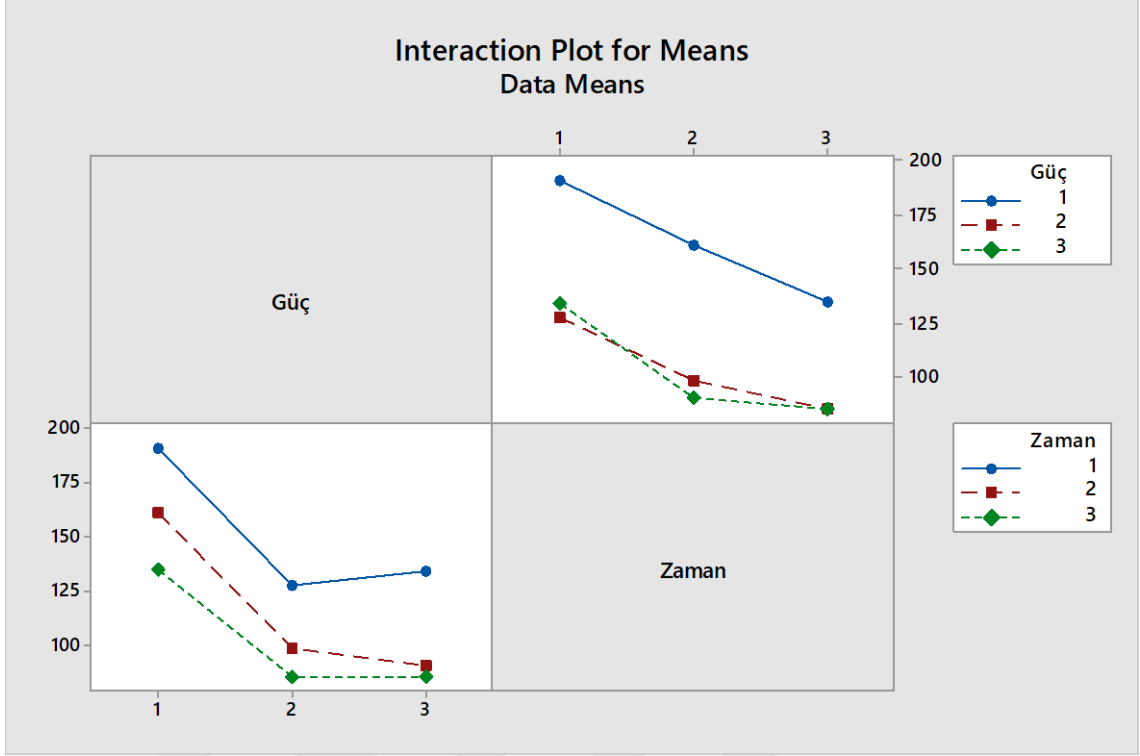
Buna göre sıcaklık ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu ekstraksiyon sıcaklığı 20 °C ve süre 15 dk olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.8. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan C Vitamini Grafikleri

Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen askorbik asit tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.17’de görülmektedir.

Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.



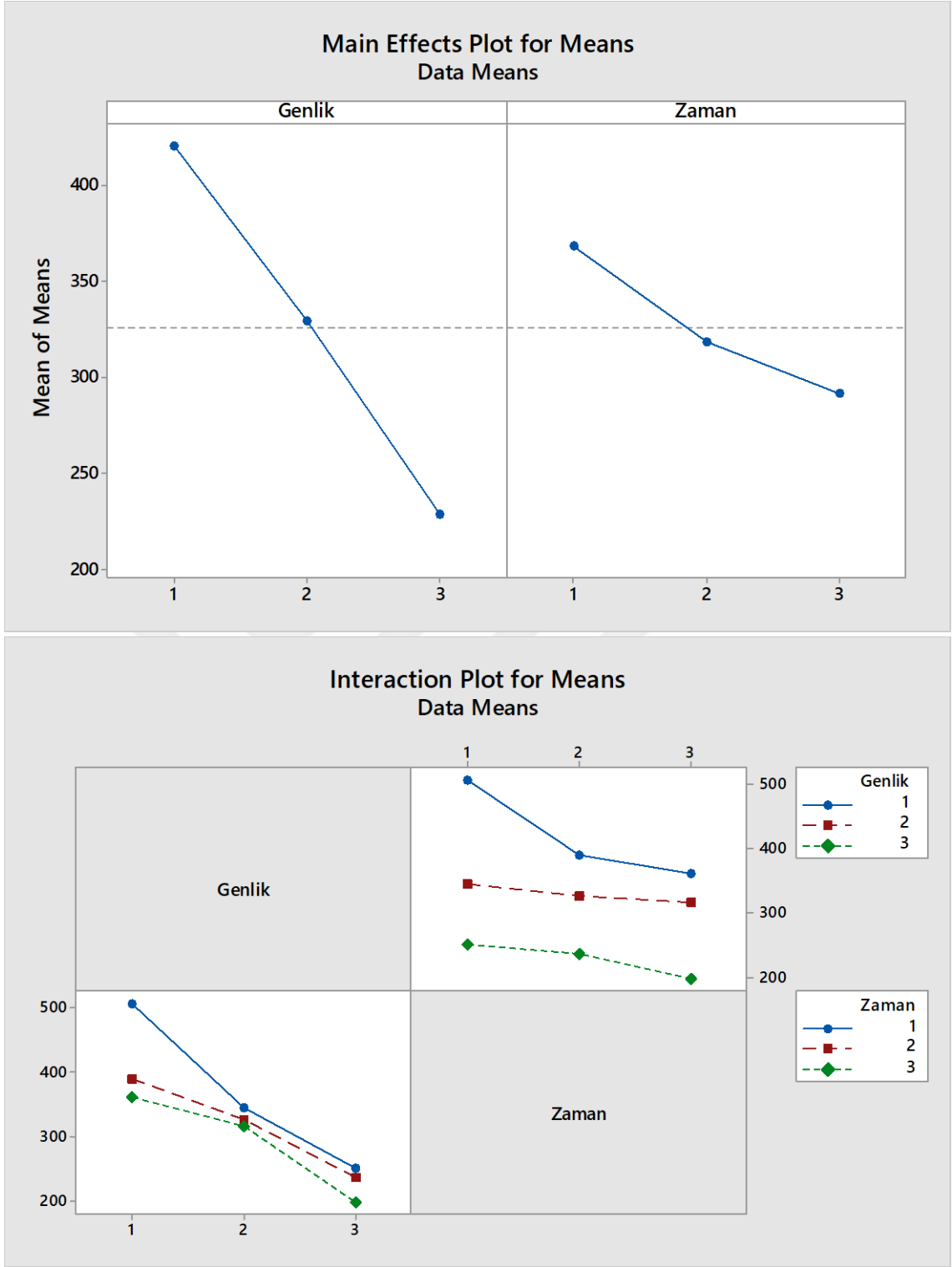


**Şekil 4. 17.** Mikrodalga destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vitamini) deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

Buna göre mikrodalga gücü ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu mikrodalga gücü 360 W ve süre 30 s olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.9. Ultrases Destekli Ekstraksiyon ile Yapılan C Vitamini Grafikleri

Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen askorbik asit tayini için yapılan toplam fenolik madde değeri üzerine ekstraksiyon koşullarına ait Taguchi yöntemi ile elde edilen grafikler Şekil 4.18'de görülmektedir. Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur.



**Şekil 4. 18.** Ultrases destekli ekstraksiyon ile yapılan askorbik asit (C vitamini) deneyinde değerlendirilen parametreler ve ana etki grafikleri

Buna göre ultrases genlik ve süre parametrelerinin optimum kombinasyonu ultrases genlik % 60 ve süre 5 dk olarak belirlenmiştir.

## BÖLÜM V

### SONUÇLAR

Fenolik maddeler çoğunlukla ısıya duyarlı bileşenler olarak tanımlanmaktadır. Antioksidan aktivite ve fenolik bileşenler gıdanın bileşiminden, gıdanın bileşimindeki maddelerin miktarı ve birbirine oranından, bu bileşenlerin birbirleriyle etkileşimlerinden, proses sırasında uygulanan teknolojik işlemlerden, ısıl işlemin süresi ve sıcaklığından, ortamda bulunan su gibi fenolik bileşenleri ekstrakte eden çözücülerin oranından, analiz sırasında kullanılan çözücünün tipi ve oranından fazlasıyla etkilenmektedir. Ekstraksiyon solventi, ekstraksiyon metodu ve depolama koşulları gibi deneysel koşullar, metodolojideki farklılıklar, gıda üretim prosesi ve proses sırasında uygulanan çeşitli işlemler, farklı araştırmacılar tarafından yapılan araştırma sonuçlarının farklı olmasına neden olmaktadır.

1- Bu sonuçlara göre klasik çözücü ekstraksiyonda ekstraktlardaki toplam fenolik madde miktarı 290.94-690.94 mg GAE/ kg aralığında, ultrases destekli ekstraksiyonda 388.45-561.84 mg GAE/ kg aralığında ve mikrodalga destekli ekstraksiyonda ise 225.77-725.52 mg GAE/ kg aralığında bulunmuştur.

2- Klasik çözücü ekstraksiyonda ekstraktlardaki antioksidan madde miktarı 5.08-19.37 mg / ml aralığında, ultrases destekli ekstraksiyonda 6.93-11.28 mg / ml aralığında ve mikrodalga destekli ekstraksiyonda ise 3.38-12.28 mg / ml aralığında bulunmuştur.

3- Klasik çözücü ekstraksiyonda ekstraktlardaki en yüksek C vitamini miktarı 20 ° C / 15 dk koşulunda görülmekte iken en düşük C vitamini miktarı 60 °/45 dk koşulundadır. Mikrodalga destekli ekstraksiyonda en yüksek C vitamini miktarı 360 W / 30 s koşulunda görülmekte iken en düşük C vitamini miktarı 600 W / 90 s koşulundadır. ultrases destekli ekstraksiyonda en yüksek C vitamini miktarı % 60 genlik / 5 dk koşulunda görülmekte iken en düşük C vitamini miktarı % 100 genlik / 15 dk koşulundadır.

## KAYNAKLAR

Abbott J.A., “Quality measurement of fruits and vegetables”, *Postharvest Biology Technology* 15, 207– 225, 1999.

Abdel-Salam A. M., “Functional foods: Hopefulness to good health”, *American Journal of Food Technology* 5(2), 86-99, 2010.

Abdullah, R., Miyazaki, K., Nakazawa M. and Koyama, H., “Chemical forms of selenium for cancer prevention”, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19, 141-150, 2005.

Abe, L. T., Lajolo, F. M. and Genovese, M. I., “Comparison of Phenol Content and Antioxidant Capacity of Nuts”, *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas* 30, 254-259, 2010.

Acar, J. ve Gökmen, V., Fenolik Bileşikler ve Doğal Renk Maddeleri, Saldamlı İ., *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara, 1998.

Acar, J., “Fenolik bileşikler ve doğal renk maddeleri”, Gıda kimyası, Saldamlı, İ., *Hacettepe Üniv. Yayınları*, Ankara, 1998.

Akal G., Siyah havuç posasından antosiyanin ekstraksiyonu, Doktora Tezi, Ankara *Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, s.65-139, 2019.

Akdoğan D., Farklı ekstraksiyon yöntemlerinin enginarın antioksidan aktivitesine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 142-164, 2019.

Akış, T., Piyasada Çay Olarak Tüketilen Bazı Bitkilerin Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi ve Fenolik Yapılarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, s. 207, 2010.

Aktaş Z. ve Bakkalbaşı E., “Yaygın kullanılan ısıt işlemlerin beyaz lahanaların yüzey rengi, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 26(4), 505-511, 2016.

Alan Ö. ve Sönmez K., “Eskişehir ekolojik koşullarında bazı brokkoli beşitlerinin (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) agronomik özelliklerinin ve yetiştirme olanaklarının belirlenmesi”, *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 26 (3), 29-35, 2012.

Alasalvar, C. and Shahidi, F., “Natural antioxidants in tree nuts”, *European Journal of Lipid Science Technology* 111, 1056-1062, 2009.

Albayrak, S., Sağdıç, O. ve Aksoy, A., “Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 26(4), 401-409, 2010.

Alberti, A., Zielinski, A. A. F., Zardo, D. M., Demiate, I. V., Nogueira, A. and Mafra, L. I., “Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology” *Food Chemistry* 149, 15-158, 2014.

Alifakı Y.Ö., Şakıyan Ö. ve İşçi A., “Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) Meyvesinden Fenolik Bileşiklerin Ultrason Destekli Ekstraksiyonu” *Gıda* 43 (5), 846-855, 2018.

Arts, I.C., Hollman, P.C. and Kromhout, D., “Chocolate as a source of tea flavonoids”, *The Lancet* 354 (9177), 488, 1999.

Aslan M.H., Yarı kurak iklim koşullarında farklı su seviyelerinin ve gübre dozlarının brokoli bitkisinin (*Brassica oleraceae* var. *italica*) verim ve verim bileşenlerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa, s. 1-4, 2018.

Atak, E. ve Uslu, M. E., “Fenolik bileşikler, ekstraksiyon metotları ve analiz yöntemleri”, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi* 27(3), 39-48, 2018.

Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A. and Mohtashamy, M., “Comparisons between conventional, microwave and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit” *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 50(11), 1237-1243, 2011.

Baynal, K. ve Gencel İ., “Taguchi yönteminin gıda sektöründe çok yanıtli problemin eniyilemesinde uygulanması”, *SAÜ Fen Bil Der* 19, 107-121, 2015.

Bediz G., Gelincik bitkisinin (*Papaver rhoeas* L.) taç yapraklarından ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile fenolik bileşiklerin optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, s. 43-67, 2019.

Beecher, C., “Cancer preventive properties of varieties of Brassica aleracea: A review”, *Am. J. Clin. Nutr.* 59, 116-1170, 1994.

Belitz, H. D., and Grosch, W., Food Chemistry, *Springer Verlag*, Heidelberg, 1995.

Björkman, T. and Pearson, K. J., “High temperature arrest of inflorescence development in broccoli”, *Journal of Experimental Botany* 49(318), 101-106, 1998.

Bohn, T., “Dietary factors affecting polyphenol bioavailability”, *Nutrition Reviews* 72(7), 429-452, 2014.

Boukroufa, M., Boutekedjiret, C., Petigny, L., Rakotomanomana, N. and Chemat, F., “Bio-refinery of orange peels waste: a new concept based on integrated green and solvent free extraction processes using ultrasound and microwave techniques to obtain essential oil, polyphenols and peçtin”, *Ultrasonics Sonochemistry* 24, 72-79, 2015.

Bozokalfa, M.K., Eşiyok, D., Yoldaş, F. ve Koçak, M., “Bazı brokkoli çeşitlerinin verim, kalite ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi”, *V. Sebze Tarımı Sempozyumu*, Çanakkale, 21-24 Eylül, 2004.

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C., “Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity”, *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 28, 25-30, 1995.

Bravo, L., “Polyphenols: Chemicals, dietary sources, metabolism, and nutritional significance”, *Nutrition Reviews* 56 (11), 317-333, 1998.

Büyüktüncel, E., “Toplam Fenolik İçerik ve Antioksidan Kapasite Tayininde Kullanılan Başlıca Spektrofotometrik Yöntemler”, *Marmara Pharmaceutical Journal* 17, 93-103, 2013.

Cam M. ve Hışıl Y., “Gıdalardaki flavonoidler ve önemleri”, *3. Gıda Mühendisliği Kongresi*, Ankara, 2-4 Ekim, s. 67-82, 2003.

Carrera C., Ruiz-Rodríguez A., Palma M., Barroso C.G., “Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes”, *Anal Chim Acta* 732, 100-104, 2012.

Cartea, M.E., Francisco, M., Soengas, P. and Velasco, P., Phenolic compounds in Brassica vegetables, *Molecules*, 16(1), 251–280, 2011.

Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A. ve Özkan, M., “Fenolik bileşikler. Meyve ve sebzelerin bileşimi, soğukta depolanmaları”, *Gıda Teknolojileri Derneği Yayınları*, 78, 2001.

Chu, Y., Chang, C. and Hsu, H., “Flavonoid Content of Several Vegetables and their Antioxidant Activity”, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, 561-566, 2000.

Civan M., Biyorafineri yaklaşımıyla ultrason destekli yeşil ekstraksiyon uygulaması kullanılarak acı biber posasından karetenoid ekstraksiyonu ve enkapsülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, s. 12, 2018.

Çam M., Basınçlı Solvent Ekstraktörü Kullanılarak Nar Kabuğu ve Çekirdeğinin Antioksidan Bileşiklerin Su ile Ekstraksiyonu, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 2009.

Çelik, H., Çukurova bölgesinde denemeye alınan bazı patates çeşitlerinin cips üretimine uygunluğu, Yüksek Lisans Tezi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2004.

Çolak, H., Brokolinin Konserve Tipi Turşuya Uygunluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, s. 81, 2005.

D Archivio, M., Filesi, C., Di Benedetto, R., Gargiulo, R., Giovannini, C., & Masella, R., “Polyphenols, dietary sources and bioavailability”, *Annali-Istituto Superiore di Sanita* 43(4), 348, 2007.

Delmas, D., Lancon, A., Colin, D., Jannin, B. and Latruffe, N., “Resveratrol as a chemopreventive agent: A promising molecule for fighting cancer”, *Current Drug Targets* 7(4), 423-442, 2006.

Demir, T., Akpınar, Ö., Kara, H. ve Güngör, H., “Nar (*Punica granatum* L.) kabuğunun in vitro antidiyabetik, antiinflamatuvar, sitotoksik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi”, *Akademik Gıda* 17(1) , 61-71, 2019.

Diplock, A., Healty lifestyles nutrition and physical activity: Antioxidant nutrients, *ILSI Europe concise monograph series* 59., Belgium, 1998.

Doğru, Ş., Çilingir, A. ve Balkaya, A., “Brokoli Yetiştiriciliği”, *Tarım Gündem Dergisi* 34(6), 20-24, 2016.

Doymaz, İ., “Effect of blanching temperature and dipping time on drying time of broccoli”, *Food Science and Technology International* 20(2), 149–157, 2012.

Erlund, I., Koli, R., Alfthan, G., Marniemi, J., Puukka, P., Mustonen, P., Mattila, P. and Jula, A., “Favorable effects of berry consumption on platelet function, blood pressure, and HDL cholesterol”, *The American Journal of Clinical Nutrition* 87(2), 323-331, 2008.

Esquivel-Hernandez, D.A., Rodriguez-Rodriguez, J., Cuellar-Bermudez, S.P., Saul Garcia-Perez, J., Mancera-Andrade, E.I., Nunez-Echevarria, J.E., Ontiveros- Valencia, A., Rostro-Alanis, M., Garcia-Garcia, R.M., Antonia-Torres, J., Chen, W.N., Parra-

Saldivar, R., “Effect of Supercritical Carbon Dioxide Extraction Parameters on the Biological Activities and Metabolites Present in Extracts from *Arthrospira platensis*”, *Marine Drugs* 15(6), 174, 2017.

Eşiyok D. ve Yoldaş F., “Brokoli Yetiştiriciliği”, *Ege Üniv. Tarımsal Araştırma Merkezi Yayın Bülteni*, İzmir, 2001.

Eşiyok, D. ve Dönmez, A., “Brokoli yetiştiriciliğinde ekim zamanı bitki sıklığı ve tepe budamasının verim üzerine etkileri”, *III. Sebze Tarımı Sempozyumu*, Isparta, s. 285-289, 2000.

Eşiyok, D. ve Yoldaş, F., Brokoli Yetiştiriciliği, *Ege Üniversitesi Tarımsal Araştırma Merkezi Yayın Bülteni*, İzmir, 2001.

Fang, Z. and Bhandari, B., “Encapsulation of polyphenols – a review”, *Trends in Food Science & Technology* 21(10), 510-523, 2010.

Felicia, V., Guthrie, N., Chambers, A.F. and Carrollb, K.K., “Inhibition of proliferation of estrogen receptorpositive MCF-7 human breast cancer cells by flavonoids in the presence and absence of excess estrogen”, *Cancer Letters* 112, 127-133, 1997.

Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G. and Scheffer, J. J., “Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils”, *Flavour and Fragrance Journal* 23(4), 213-226, 2008.

Fisher, L., Ianiro, T., Lau, F., Wang, H. and Daggy, B., “Synergistic effects of phenolic mixtures in human cell models of aging”, *The FASEB Journal* 29, 608-36, 2015.

Garcia-Salas, Morales-Soto, A., Segura-Carretero, A. and FernandezGutierrez, A., “Phenolic- compound-extraction systems for fruit and vegetables samples”, *Molecules* 15, 8813-8826, 2010.

Ghafoor K., Choi Y.H., Jeon J.Y. and Joo I.H., “Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds”, *J Agric Food Chem* 57, 4988-4994, 2009.

Ghafoor, K., Choi, Y. H., Jeon, J. Y. and Jo, I. H., “Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(11), 4988-4994, 2009.

Gonzalez-Centeno M.R., Comas-Serra F., Femenia A., Rossello C. And Simal S., “Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): Experimental kinetics and modeling”, *Ultrason Sonochem* 22, 506-514, 2015.

Gonzalez-Centeno MR, Comas-Serra F, FemeniaA, Rossello C, Simal S., “Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): Experimental kinetics and modeling”, *Ultrason Sonochem* 22, 506-514, 2015.

Gök, V., Kayacıer, A. ve Telli, R., “Hayvansal ve mikrobiyal kaynaklı doğal antioksidanlar”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2, 35-40, 2006.

Gönenç, A., Atak, Y., Orman, M. N. ve Şimşek, B., “Lipid Peroxidation and Antioxidant Systems in Hemodialyzed Patients”, *Dialysis and Transplantation* 31, 88-96, 2002.

Gülçin, İ., “Antioxidant activity of food constituents: an overview”, *Arch Toxicol* 86, 345-391, 2012.

Hallivel, B., Aruoma, O.I., “DNA damage by oxygen-derived species: its mechanisms and measurement in mammalian systems”, *FEBS Lett* 281, 9-19, 1991.

Halliwell, B., Aeschbach, R., Löliger, J. and Aruoma, O. I., “The characterization of antioxidants”, *Food and Chemical Toxicology* 33, 601-617, 1995.

Hammi, K. M., Jdey, A., Abdelly, C., Majdoub, H. Ve Ksouri, R., “Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Tunisian *Zizyphus lotus* fruits using response surface methodology”, *Food Chemistry* 184, 80-89, 2015.

Hamzaçebi, C. Ve Kutay F., “Taguchi metodu: Bir uygulama”, *Gazi Üniversitesi Teknoloji Dergisi* 3, 7 – 17, 2003.

Harborne, J.B., The Flavonoids: Advances in Research Since 1986, *Routledge*, London, 1994.

Havas S., Heimendinger J., Reynolds K., Baranowski T., Nicklas T.A., Bishop D., Buller D., Sorensen G., Beresford S.A, Cowan A., “5 a day for better health: a new research initiative”, *Journal of the American Dietetic Association* 94(1), 32-36, 1994.

Hertog, M.G.L., Hollman, P.C.H. and Van de Putte, B., “Concent of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions wines and fruit juices”, *J. Agric. Food Chem.* 41, 1241-1246, 1993.

Ho, C., “Phenolic compounds in food”, *American Chemical Society Symposium Series* 506, 2-6, 1991.

Hollman, P.C.H., Hertog, M.G.L. and Katan, M.B., “Analysis and health effects of flavonoids”, *Food Chem.* 57, 43-46, 1996.

Hossain, M., Brunton, N. P., Patras, A., Tiwari, B., O'Donnell, C.P., Martin- Diana A.B. Ve Barry-Ryan C., “Optimization of ultrasound assisted extraction of antioxidant compounds from marjoram (*Origanum majorana L.*) using response surface methodology”, *Ultrasonics Sonochemistry* 19(3), 582-590, 2012.

İsmail A., . Marjan Z.M. and Foong C.W., “Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables”, *Food Chemistry* 87, 581-586, 2004.

Jakopic, J., Petkovsek, M. M., Likozar, A., Solar, A., Stampar, F. and Veberic, R., “HPLC–MS identification of phenols in hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernels”, *Food Chemistry* 124, 1100–1106, 2011.

Jensen, S.J.K., “Oxidative stress and free radicals”, *Journal of Molecular Structure (Theochem)* 666–667, 387–392, 2003.

Jiin-Tzong Guo, Hui-Lien Lee Shu-Hsiu Chiang, Fang-i Lin and Chi-Yue Chang, “Antioxidant Properties of the Extracts from Different Parts of Broccoli in Taiwan”, *Journal of Food and Drug Analysis* 9, 96-101, 2001.

Jokic S., Marina Cvjetko M., Bozic D., Fabek S., Toth N., Vorkapic-Furac J., Redovnikovic., Ā., “Optimisation of microwave-assisted extraction of phenolic compounds from broccoli and its antioxidant activity”, *International Journal of Food Science and Technology* 47, 2613–2619, 2012.

Karataş, F., Bektaş, İ., Birişik, A., Aydın, Z., Kurtul, A., “Çiriş Otu’nda (*Asphodelus aestivus* L.) Suda Çözünen Bazı Bileşiklerin Araştırılması”, *SDU Journal of Science (E-Journal)* 6 (1), 35-39, 2011.

Kaur C., Kiran K., Dahuja A. and Kapoor H.C., “Variations in antioxidant activity in broccoli cultivars”, *Journal of Food Biochemistry* 31, 621–638, 2007.

Kayış, T., Diazinon’un subletal konsantrasyonlarının *Pimpla turionellae* L.’nin eşey oranı ve bazı biyokimyasal parametreleri üzerine etkileri, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2010.

King, A.M.Y., and Young, G., “Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals”, *Journal of the American Dietetic Association* 99(2), 213-218, 1999.

King, A.M.Y., and Young, G., “Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals”, *Journal of the American Dietetic Association* 99(2), 213-218, 1999.

Koca, N. ve Karadeniz, F., “Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve vücuttaki antioksidan savunma sistemleri”, *Gıda Mühendisliği Dergisi* 16, 32-3, 2013.

Kolaç, T., Gürbüz, P. ve Yetiş, G., “Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri”.*, İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi* 5(1), 2017.

Krauss R.M., Deckelbaum R.J. and Ernst N., “Dietary guidelines for Healthy American Adults”, *A Statement for Health Professionals from the Nutrition Committees American Heart Association* 94, 1795–1800, 1996.

Kris-Etherton, P.M., Lichtenstein, A.H., Howard, B.V., Steinberg, D. and Witztum, J.L., “Antioxidant vitamin supplements and cardiovascular disease”, *Circulation* 110(5), 637- 641, 2004.

Lattanzio, V., “Phenolic compounds: introduction”, *Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes*, 1543-1580, 2013.

Lee, K.W., Kim J.J, Lee, H.J. and Lee C.Y., “Cocoa has more phenolic hytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine”, *Journal of Agriculture of Food Chemistry* 51, 7292–7292, 2003.

Martin H., Comeskey D., Simpson R.M., Laing W.A. and McGhie T.K., “Quantification of folate in fruits and vegetables: A fluorescence-based homogeneous assay”, *Analytical Biochemistry* 402 (2), 137-145, 2010.

Memişoğulları R., “Diyabette serbest radikallerin rolü ve antioksidanların etkisi”, *Dicle Tıp Fakültesi Dergisi* 3, 30-39, 2005.

Meral, R., Doğan İ.S. ve Kanberoğlu, G.S., “Fonksiyonel Gıda Bileşeni Olarak Antioksidanlar” *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.* 2(2), 45-50, 2012.

Mezarcıöz S. Ve Oğulata R.T., “Süprem kumaşlarda patlama mukavemeti değerinin taguchi ortogonal dizayna göre optimizasyonu”, *Tekstil ve Konfeksiyon* 20, 320 – 328, 2010.

Mordoğan, N., Erdoğan Bayram, S., Çakıcı, H. Ve Duman İ., “Brokoli ve pırasada kükürt içeriği ve kükürtlü aminoasit miktarları arasındaki ilişkiler”, *Harran Tarm Ve Gıda Bilimleri Dergisi* 23(2), 263-276, 2019.

Moreno, D.A., Carjaval,M., Lopez-Berenguer, C. and Garcia-Viguera, C., “Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli”, *J.of Moure,Pharmaceutical and Biomedical analysis* 41, 1508-1522, 2006.

A., Cruz, J. M., Franco, D., Dominguez, J. M., Sineiro, J., Dominguez, H. and Parajo, J. C., “Natural antioxidants from residual sources”, *Food Chemistry* 72(2), 145-171, 2001.

Mukherjee, S., Gangopadhyay, H. and Das, D.K., “Broccoli: A unique vegetable that protects mammalian hearts through the redox cycling of the thioredoxin superfamily”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 56, 609–617, 2008.

Nizamlioğlu, N.M. ve Nas, S., “Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 5(1), 20–35, 2010.

Nordberg, J. ve Arner, E.S.J., “Reactive oxygen species, antioxidants, and the mammalian thioredoxin system”, *Free Radical Biology and Medicine* 31, 1287- 1312, 2001.

Normen, L., Johnsson, M., Andersson, H., Van G.Y. and Dutta, P., “Plant Sterols in Vegetables and Fruits Commonly Consumed in Sweden”, *Eur J. Nutr.* 38(2), 84-9, 1999.

Novak I., Janeiroa P., Serugab M. and Oliveira- Brett A.M., “Ultrasound extracted flavonoids from four varieties of Portuguese red grape skins determined by reverse-

phase high performance liquid chromatography with electrochemical detection”, *Anal Chim Acta* 630, 107-115, 2008.

Odabaş, H.İ., Farklı yöntemlerle fındık zarından antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *On dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, s. 115, 2013.

Oniszczyk, A., Olech, M., “ Optimization of ultrasound-assisted extraction and LC-ESI-MS/MS analysis of phenolic acids from Brassica oleracea L. var. Sabellica”, *Industrial Crop and Products* 83, 359-363, 2016.

Özcan, E., Ultrasound assisted extraction of phenolics from grape pomace, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006.

Özgüner Kabak M., Meyan kökünde bulunan bazı biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu üzerine farklı yöntemlerin etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, s. 6-11, 2019.

Özyurt V.H., Fındık zarı ve keçiboynuzu fenolik bileşiklerinin ve diyet lifinin ultrasonik ve klasik ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, s. 71 , 2013.

Peterson, J. and Dwyer, J., “Flavonoids, dietary occurrence and biochemical activity”, *Nutrition Research* 18(12), 1995-2018, 1998.

Peterson, J. and Dwyer, J., “Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity”, *Nutrition research* 18(12), 1995-2018, 1998.

Pezeshkpour, V., Khosravani, S.A., Ghaedi, M., Dashtian, K., Zare, F., Sharifi, A., Jannesar, R., Zoladi, M., “ Ultrasound assisted extraction of phenolic acids from broccoli vegetable and using sonochemistry for preparation of MOF-5 nanocubes: Comparative study based on micro-dilution broth and plate count method for synergism antibacterial effect”, *Ultrasonics-Sonochemistry* 40, 1031-1038, 2018.

Polat S. ve Bal E., “Soğukta muhafaza edilen brokoli çeşitlerinin (*Brassica oleracea* L., var *italica* cvs. Belstar ve Beaumont) depolama Süresi ve kalite özellikleri üzerine modifiye atmosfer paketlemenin etkisi”, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 4(2), 103-108, 2017.

Rad C.V., Wang C.X., Simi B., Lubet R., Kell of G., Steele V. and Reddy B.S., “Enhancement of experimental colon cancer by genistein”, *Cancer Res* 57(17), 37, 17-22, 1997.

Rice-Ivens, C. A., Miller, N. J. and Paganga, G, “Antioxidant properties of phenolic compounds”, *Trends in Plant Science* 2, 152-159, 1997.

Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker, G., Swatsiteng, P. and Glover, W., “Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits”, *Food chemistry* 66, 401-436, 1999.

Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker, G., Swatsiteng, P. and Glover, W. “Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits”, *Food chemistry* 66, 401-436, 1999.

Romier, B., Schneider, Y.J., Larondelle, Y. and During, A., “Dietary polyphenols can modulate the intestinal inflammatory response”, *Nutrition Reviews* 67(7), 363-378, 2009.

Saldamlı, İ., Gıda Kimyası, *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara, 2007.

Salman, M.H., Bazı brokoli ve karnabahar çeşitlerinde verim depolama ve raf ömrü boyunca kalite değişimlerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, s. 52, 2007.

Sarıkamış, G., “Brokolinin (*Brassica Oleracea* L. Var. *Italica*) insan sağlığına yararları”, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 4(2), 79-82, 2011.

Sarıtaş N., Ceviz yeşil kabuğundan ultrases yardımıyla fenolik madde ekstraksiyonu, kinetik modellenmesi ve optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, **Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Denizli, s. 3, 2018.

Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C. and Jiménez, L., “Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases”, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 45(4), 287-306, 2005.

Scheibmeir, H.D., Christensen, K., Whitaker, S.H., Jegaethesan, J., Clancy, R. and Pierce, J.D., “A review of free radicals and antioxidants for critical care nurses”, **Intensive and Critical Care Nursing (ICCN)** 21, 24- 28, 2005.

Sghaiera, M.B., Skandrani, I., Nasra, N., Francac, M.G.D., Chekir-Ghediraa, L. and Ghediraa, K., “Flavonoids and sesquiterpenes from *Tecurium ramosissimum* promote antiproliferation of human cancer cells and enhance antioxidant activity: A structure–activity relationship study”., **Environmental Toxicology and Pharmacology** 32, 336–348, 2011.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M., “Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent”, **Oxidants and Antioxidants** 299, 152-178, 1999.

Steinmetz, K., Potter, J. “Vegetables, Fruit and Cancer Prevention: A Review”, **J Am Diet Assoc.** 96, 1027-39, 1996.

Sultana, B. and Anwar, F., “Flavonols (kaempferol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants”, **Food Chem.** 108 (3), 879- 884, 2008.

Şahin M., Brokoli ve karnabaharın kurutma karakteristiklerine ön işlem sıcaklığının ve süresinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s. 44, 2014.

Şahin M., Brokoli ve karnabaharın kurutma karakteristiklerine ön işlem sıcaklığının ve süresinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s. 38-46, 2014.

Şalk, A., Arın, L., Deveci, M. ve Polat, S., Özel Sebzeçilik, *Sevil Cilt Evi ve Matbaası*, Tekirdağ, 2008.

Şengül M. ve Topdaş E.F., “Katı-Sıvı Ekstraksiyonunda Kullanılan Modern Teknikler ve Bu Teknikler Arasında Ultrason Yardımlı Ekstraksiyonun Yeri”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 50 (2), 201-216, 2019.

Şeniz, V., Genel Sebzeçilik, 53, *Uludağ Üniversitesi*, Bursa, 2004.

Tabaraki, R. and Rastgoo, S., “Comparison between conventional and ultrasound-assisted extractions of natural antioxidants from walnut green husk”, *Korean Journal of Chemical Engineering* 31(4), 676-683, 2014.

Thangapazham, R.L., Sharma, A. and Maheshwari, R.K., “Multiple molecular targets in cancer chemoprevention by curcumin”, *The AAPS Journal* 8(3), 443, 2006.

Tosun, İ. ve Yüksek, S., “Üzümsü Meyvelerin Antioksidan Kapasitesi”, *Gıda* 28(3), 305-311, 2003.

Tunalıer, Z., Öztürk, N., Koşar, M., Başer, K.H.C., Duman, H. ve Kırırmer, N., “Bazı Sideitis türlerinin antioksidan etki ve fenolik bileşikler yönünden incelenmesi”, *14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler*, Eskişehir, 29-31 Mayıs, 2002.

TÜİK, 2015. Bitkisel Üretim İstatistikleri  
(<http://www.TÜİK.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>).

Urcan A.A., Isparta yöresinde yetiştirilen bazı asma çeşitlerinin yaprak fenolik bileşiklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bahçe Bitkiler Ana Bilim Dalı*, Isparta, s. 22-24, 2019.

Ünver N., Ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak zaytin yaprağı ekstraksiyon işleminin optimize edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa, s. 16-19, 2018.

Vázquez, G., Agullo, F., Castro C. G., Freire, M. S., Antorrena, G. and Alvarez J. G., “Response surface optimization of antioxidants extraction from chestnut (*Castanea sativa*) bur”, *Industrial Crops and Products* 35(1), 126-134, 2012.

Vermerris W., Nicholson R., Phenolic Compound Biochemistry, *Springer*, Dordrecht, Netherlands, 2006.

Viot, M., Tomao, V., Le Bourvellec, C., Renard, C. M. and Chemat, F., “Towards the industrial production of antioxidants from food processing by-products with ultrasound-assisted extraction”, *Ultrasonics Sonochemistry* 17(6), 1066-1074, 2010.

Viskupicova, J., Ondrejovic, M. and Sturdik, E., “Bioavailability and metabolism of flavonoids”, *J. Food Nutr. Res.* 47(4), 151–162, 2008.

Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ., “Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)”, *E.Ü. Basımevi*, İzmir, 2000.

Wang, L., Lee, I.M., Zhang, S.M., Blumberg, J.B., Buring, J.E. and Sesso, H.D., “Dietary intake of selected flavonols, flavones, and flavonoid-rich foods and risk of cancer in middle-aged and older women”, *Am. J. Clin. Nutr.* 89(3), 905–912, 2009.

Weber G., Shen F., Prajda N., Yang H., Li W. and Yeh A., “Regulation of the signal transduction program by drugs”, *Adv Enzyme Regul* 37, 35-55 , 1997.

Wilfred, V. and Nicholson, R. L., Phenolic Compound Biochemistry, *Springer*, Dordrecht, 2008.

Wong, R. G. and Yen, G. C., “Antioxidative action of mungbean sprouts, soybean and radish sprouts”, *J. Agric. Chem. Soc. (Taiwan)* 35, 661-670, 1997.

Xiao J., “Phytochemicals in food and nutrition”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56, 1-3, 2016.

Yağcıoğlu P., Farklı Ekstraksiyon Metotları ile Adaçayı Bitkisinden Antioksidan Ekstraksiyonunun Ekstraksiyonu, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 8-22, 2015.

Yaman T. Ve Kuleaşan Ş., “ Uçucu Yağ Elde Etmede Gelişmiş Ekstraksiyon Yöntemleri”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1*, 78-83, 2016

Yetim H., Öztürk İ., Törnük F., Sağdıç O. ve Hayta M., “Yenilenebilir bitki ve tohum filizlerinin fonksiyonel özellikleri”, *Gıda* 35(3), 205-210, 2010.

Yıldız, L., Bazı Bitki Örneklerinde Antioksidan Kapasitenin Spektrofotometrik ve Kromatografik Tayini, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, İstanbul, s. 130., 2007.

Yılmaz M.S., Brokolinin mikrodalga kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi ve modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, s. 1-4, 2015.

Yılmaz, İ., “Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres”, *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 17(2), 143-153, 2010.

Yılmaz, T., Domates İşleme Atıklarından Ultrason Destekli Likopen Ekstraksiyonu İşleminin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, s. 128, 2011.

Yoldaş F. ve Eşiyok D., “Dikim sıklığı, ekim ve dikim zamanlarının brokkolide verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 41 (2), 37-48, 2004.

Yoldaş F., Brokkoli’de Sıcaklık Dikim Sıklığı ve Dikim Zamanlarının Generatif Gelişim ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 2003.

Yolmeh, M., Najafi, M.B.H., Farhoosh, R., “Optimisation of Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Pigment From Annatto Seeds by Response Surface Methodology (RSM)”, *Food Chemistry* 155, 319-324, 2014.

Young, I.S. and Woodside, J.V., “Antioxidants in Health Disease”. *J. Clin Pathol* 54, 176-186, 2001.

Zhang, Y. and Hamazu, Y., “Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking”, *Food Chemistry* 88, 503-509, 2004.

Zhang, Z., Liao, L., Moore, J., Wu, T. and Zhengtao, W., “Antioxidant phenolic compounds from walnut kernels (*Juglans regia* L.)”, *Food Chemistry* 113, 160-165, 2009.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Rabia TARTICI

Doğum Yeri : Kırşehir

Doğum Tarihi : 1994

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

### **Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**

Lise : Hayriye Kımçak Anadolu Lisesi (2012)

Lisans : Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2017)

Yüksek Lisans: Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü (2017 – Devam)