



ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENGİNARIN (*CYNARA SCOLYMUS L.*) TOPLAM FENOLİK
MADDE VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİ ÜZERİNE FARKLI
PIŞIRME YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ**

NEJLA ANUL
DOKTORA TEZİ

BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Murat Baş

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Ahmet Alper Aydın

İSTANBUL-2022



ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENGİNARIN (*CYNARA SCOLYMUS L.*) TOPLAM FENOLİK
MADDE VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİ ÜZERİNE FARKLI
PIŞIRME YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ**

NEJLA ANUL
DOKTORA TEZİ

BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Murat Baş

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Ahmet Alper Aydın

İSTANBUL-2022

Anabilim Dalı: Beslenme ve Diyetetik
Program: Beslenme ve Diyetetik Doktora
Tez Başlığı: ENGINARIN (CYNARA SCOLYMUS L.) TOPLAM
FENOLİK MADDE VE ANTIOKSIDAN AKTİVİTESİ
UZERİNE FARKLI PIŞIRMA YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ
Öğrencinin Adı-Soyadı: Nejla ANUL
Savunma Sınavı Tarihi: 20/6/2022

Bu tez 9alı#ması jürimiz tarafından DOKTORA tezi olarak kabul edilmittir.

Üye Prof. Dr. Fatma Esra GMES
Medeniyet Üniversitesi, Sağlık
Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve
Diyetetik Bölümü

Üye Doç. Dr. Binnet Okan BAKIR
Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik
Bölümü

Üye Dr. Ö. Üyesi Gözde Arııcı \OLAK
Acibadem Mehmet Ali Aydınlar
Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik
Bölümü

Üye Dr. Ö. Üyesi Nihan Akır BİKER
Acibadem Mehmet Ali Aydınlar
Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik
Bölümü

Üye Prof. Dr. Murat BAA
(Tez Danışmanı) Acibadem Mehmet Ali Aydınlar
Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik
Bölümü

Üye Doç. Dr. Ahmet Alper AYDIN
(İkinci Tez Danışmanı) İstanbul Teknik Üniversitesi,
Kimya Metalürji Fakültesi, Kimya
Mühendisliği Bölümü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

20/06/2022

Nejla Anul

İmza

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, ilaç-besin olarak tanımlanabilecek enginarın toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivitesi üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine göre değişimlerini belirlemek amaçlanmıştır.

Yeterli, dengeli ve sağlıklı beslenmek ne-ne kadar yediğimiz kadar, yediğimiz gıdaların nasıl hazırlandığı ile de ilişkilidir. Gıdanın doğal yapısındaki sağlık yararı kanıtlanmış biyoaktif bileşiklerin gıdanın hazırlanması ve pişirilmesi sırasında korunması gıda hazırlamanın birincil önceliklerinden olmalıdır.

Tez konumun belirlenmesindeki katkılarından ve bilge rehberliğinden dolayı T.C. Demiroğlu Bilim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanı saygıdeğer hocam Prof. Dr. Adnan Aydın'a, tez danışmanım Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi dekanı Prof. Dr. Murat Baş'a, kimyasal analizlerin gerçekleştirilmesinde bilgisini, emeğini paylaşan, laboratuvarında yapmış olduğum hatalarıma-sakarlıklarına sabırla katlanan İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Metalürji Mühendisliği bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Ahmet Alper Aydın hocama

Doktora tezimin tüm aşamalarında katkı ve desteklerini esirgemeyen dönem arkadaşlarıma, çalışma arkadaşlarıma, zorlandığım her anda bana elini uzatan tüm dostlarıma, aileme

ve hayat yolunda iyi ki karşılaşmışım diye şükrettiğim sevgili Dr. Öğr. Üyesi Nihan Çakır Biçer'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
1 GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
2 GENEL BİLGİLER	5
2.1 Serbest Radikal Oluşumu ve Türleri	5
2.1.1 Oksidatif stres	6
2.2 Vücudun Antioksidan Savunma Sistemi	6
2.3 Bitkilerdeki Antioksidanlar Moleküller	7
2.3.1 Fenolik bileşikler	8
2.3.1.1 Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması.....	10
2.3.1.1.1 Fenolik asitler	11
2.3.1.1.2 Flavonoidler	12
2.3.1.1.3 Stilbenler	13
2.3.1.1.4 Kumarinler	13
2.3.1.1.5 Tanenler	14
2.3.1.2 Polifenollerin temel kaynakları.....	14
2.3.1.3 Polifenollerin antioksidan etkileri	16
2.4 Enginar (Cynara Scolymus L.).....	17
2.4.1 Enginarın besin ögesi içeriği.....	22
2.4.2 Enginardaki antioksidan bileşikler.....	24
2.4.2.1 Kafeoilkinik asitler.....	25
2.4.2.2 Luteolin	27
2.4.2.3 Apigenin	29
2.4.2.4 İnülin	30
2.4.3 Enginarda bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri	30
2.4.4 Enginarın sağlık üzerine etkileri.....	32
2.5 Gıdalarda Antioksidan Ölçüm Yöntemleri	36
2.5.1 Isıl işlemlerin gıdalarda antioksidan moleküller üzerine etkisi	40

3 GEREÇ VE YÖNTEM	44
3.1 Çalışma Materyallerinin Temini	44
3.2 Çalışma Materyallerinin Hazırlanması	44
3.2.1 Pişirme ve depolama ekipmanları.....	45
3.2.2 Pişirme yöntemleri	46
3.3 Kimyasal Analizler	47
3.3.1 Kuru madde tayini	47
3.3.1.1 Kuru madde tayininde kullanılan ekipmanlar	47
3.3.1.2 Kuru madde tayini işlem basamakları	47
3.3.1.3 Antioksidan aktivite ölçümünde kullanılan kimyasallar.....	48
3.3.1.4 Kimyasal analizler için örnek hazırlanması.....	49
3.3.1.5 Antioksidan aktivite ölçümü işlem basamakları	49
3.3.1.6 Antioksidan aktivite için eşdeğerlik analizi	50
3.3.1.7 Antioksidan aktivitenin değerlendirilmesi.....	50
3.3.2 Toplam fenolik madde ölçümü.....	51
3.3.2.1 Fenolik madde ölçümünde kullanılan kimyasallar	51
3.3.2.2 Fenolik madde ölçümünde kullanılan cihazlar	51
3.3.2.3 Fenolik madde ölçümü işlem basamakları.....	51
3.3.2.4 Fenolik madde için eşdeğerlik analizi	52
3.3.3 Toplam toplam fenoliklerin belirlenmesi	52
3.4 İstatistiksel Analiz.....	52
4 BULGULAR	54
4.1 Enginarın Çiğ ve Pişirilmiş Bölümlerinin Kuru Madde Değerleri	54
4.2 Enginarın Çiğ Bölümlerinin Toplam Fenolik ve Toplam Antioksidan Aktivite Değerleri.....	54
4.2.1 Enginarın kalp bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri.....	55
4.2.2 Enginarın sap bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları	56
4.2.3 Enginarın iç brakte bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve çiğ örneğe göre kayıp oranları	57
4.2.4 Enginar bölümlerinin toplam fenolik içerik ve toplam antioksidan aktivitesi arasındaki ilişki.....	61
5 TARTIŞMA	64
6 SONUÇ VE ÖNERİLER	77
7 KAYNAKLAR.....	80
8 EKLER.....	88
EK 1. Enginarların Pişirme İşlemleri İçin Hazırlanması	88
EK 2. Ölçümlerde Kullanılan Ekstraktlar.....	89
9 ÖZGEÇMİŞ	90

KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

1-CQA	1-O-Caffeoylquinic acid
1,3-diCQA	1,3-Di-O-caffeoylquinic acid
3-CQA	3-O-Caffeoylquinic acid
3,4-diCQA	3,4-di-O-Caffeoylquinic acid
3,5-diCQA	3,5-di-O-Caffeoylquinic acid
4-CQA	4-O-Caffeoylquinic acid
4,5-diCQA	4,5-di-O-Caffeoylquinic acid
5-CQA	5-O-Caffeoylquinic acid
ABTS	2,20-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit
ALT	Alanin amino transferaz
AST	Aspartat aminotransferaz
CA	Caffeic acid
CFQAs	Caffeoylferuloylquinic acids
CQAs	Chlorogenic acids
DPPH	2,2-difenil-1-pirilhidrasil
FRAP	Ferrik İyon Düşürücü Antioksidan Gücü
GSH	Glutatyon
IKK	İkBkinase
MDA	Malondialdehit
NF-KB	Nuclear factor-kappaB
P	Fosfor/fosfat
PKC	Protein kinaz C
SOD	Süperoksit dismutaz
TLR4	Toll benzeri reseptör 4

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Fitokimyasalların genel sınıflandırılması.....	8
Şekil 2. Luteolin kimyasal yapısı ve sağlık etkileri	29
Şekil 3. ALE'nin sağlık etkilerinin mekanizması	32
Şekil 4. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre %inhibisyon grafiği	59
Şekil 5. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre toplam antioksidan aktivite grafiği.....	60
Şekil 6. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre toplam antioksidan aktivite kayıp oranı grafiği.....	60
Şekil 7. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre toplam fenolik madde kayıp oranı grafiği	61
Şekil 8. Kalp bölümünde Trolox kuru madde ile oran ölçümlerine ilişkin saçılım grafiği	62
Şekil 9. Sap bölümünde Trolox kuru madde ile oran ölçümlerine ilişkin saçılım grafiği	62
Şekil 10. İç brakte bölümünde Trolox kuru madde ile oran ölçümlerine ilişkin saçılım grafiği	63

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Fenolik bileşiklerin karbon sayısına göre sınıflandırılması	11
Tablo 2. Benzoik asit, sinamik asit ve türevleri	12
Tablo 3. Polifenol türleri, temel kaynakları, biyolojik etkileri	15
Tablo 4. Enginar çeşitleri ve baş morfolojisindeki değişkenlikler	19
Tablo 5. Türkiye’de yetişen enginar çeşitleri ve özellikleri	21
Tablo 6. Enginarın bölümlerine göre besin ögesi içeriği	23
Tablo 7. Enginar da bulunan fenoliklerin ve flavonoid bileşikler ve kimyasal yapıları	26
Tablo 8. Meyve ve sebzelerin antioksidan aktivitesini ölçmek için kullanılan testler	39
Tablo 9. Enginar bölümlerinin çiğ ve pişmiş olarak kuru madde değerleri	54
Tablo 10. Enginar bölümlerinin (çiğ) toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite değerleri	55
Tablo 11. Enginarın kalp bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları	56
Tablo 12. Enginarın sap bölümünün çiğ ve pişirilmiş örneklerinin toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları	57
Tablo 13. Enginarın iç brakte bölümünün çiğ ve pişirilmiş örneklerinin toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları	59
Tablo 14. Enginar bölümlerinin toplam fenolik içerik ve toplam antioksidan aktivitesi arasındaki ilişki	61

ÖZET

Enginarın (*Cynara Scolymus L.*) Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi

Asteraceae (Compositae) familyasında yer alan enginar, içerdiği biyoaktif bileşiklerden dolayı fonksiyonel gıda olarak kabul edilmektedir. Sebze ve meyvelerin yapısında bulunan biyoaktif bileşikler sebzenin çeşidi, yetiştirme koşulları, hazırlama ve pişirme sürecinde uygulanan farklı pişirme yöntemlerine göre değişiklik göstermektedir. Bitkilerde bulunan toplam fenolik madde miktarı ile toplam antioksidan aktivitesi arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde yetişen Bayrampaşa enginarının yenilebilir bölümlerinin (iç brakte, kalp, sapın iç kısmı) toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi üzerine sıklıkla kullanılan haşlama, buharda pişirme, basınçlı pişirme ve mikrodalgada pişirmenin etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmada toplam fenolik madde tayini için Folin-Ciocalteu yöntemi, toplam antioksidan aktiviteyi belirlemek için ABTS yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında enginarın yenilebilir bölümleri olan kalp, sap ve iç brakte bölümlerinin çiğ örneklerine ait toplam fenolik madde (TFM) ve toplam antioksidan aktivite (TAA)'leri analiz sonuçlarına göre sap kısmının TFM içeriği kalp ve iç brakte kısmından önemli ölçüde fazladır ve TFM ile TAA arasında pozitif korelasyon vardır ($p < 0.05$). Çeşitli pişirme yöntemlerinin toplam fenolikler üzerindeki etkisine bakıldığında tüm bölümlerde çiğ örneğe göre haşlama yönteminde kayıplar önemlidir ($p < 0.05$). Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre enginarın kalp, sap ve iç brakte kısmını birlikte içeren halinin buharda pişirilerek tüketilmesi, toplam fenolik içeriğin korunması için suda pişirme yönteminin tercih edilmemesi önerilebilir.

Anahtar Sözcükler: Enginar, *Cynara scolymus*, Fenolik bileşikler, Toplam fenol, Antioksidan aktivite, Pişirme yöntemleri.

ABSTRACT

Effect of Different Cooking Methods on Total Phenolic and Antioxidant Activity of Artichokes (*Cynara Scolymus* L.)

Artichoke, which is in the Asteraceae (Compositae) family, is considered a functional food due to the bioactive compounds it contains. The bioactive compounds in the structure of vegetables and fruits vary according to the type of vegetable, growing conditions, different cooking methods applied during the preparation and cooking process. There is a positive correlation between the total amount of phenolic substances in plants and the total antioxidant activity. In this study, it was aimed to investigate the effects of boiling, steaming, pressure cooking and microwave cooking on the total phenolic content and antioxidant activity of the edible parts (inner bract, heart, inner part of the stem) of Bayrampaşa artichoke grown in our country. The Folin-Ciocalteu method was used for the determination of the total phenolic substances, and the ABTS method was used to determine the total antioxidant activity for this study. According to the results of the analysis of total phenolic substance (TFM) and total antioxidant activity (TAA) of the raw samples of the heart, stem and inner bract parts of the artichoke, which are the edible parts of the artichoke, the TFM content of the stem part is significantly higher than that of the heart and inner bract, and TFM and TAA. There is a positive correlation between them ($p < 0.05$). Considering the effect of various cooking methods on total phenolics, the losses in the boiling method compared to the raw sample are significant in all sections ($p < 0.05$). It may be recommended to consume the artichoke as a whole including the heart, stem and inner bract, and by steaming, and not to choose the method of cooking in water in order to preserve the total phenolic content.

Keywords: Artichoke, *Cynara scolymus*, Phenolic compounds, Total phenol, Antioxidant activity, Cooking methods.

1 GİRİŞ VE AMAÇ

İnsanların sağlıklı büyüüp gelişebilmeleri ve sağlıklarını koruyabilmeleri için en önemli faktörlerden biri beslenmedir. İnsan yaşamının farklı fizyolojik dönemlerinde beslenme gereksinimleri çeşit ve miktar olarak değişmektedir. Beslenme ve gıda bilimindeki gelişmeler, gıdaların tüketime hazırlanması sırasında uygulanan farklı işlemlerin gıdanın yapısal ve kimyasal bileşimini etkilediğini göstermektedir (1).

İnsanlarda görülen kronik inflamasyonun obezite, diyabet, kalp damar hastalıkları, kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıkların gelişimini ve seyrini etkilediği bilinmektedir. Gıdaların bileşiminde bulunan vitamin, mineral, lif ve fitokimyasal bileşikler vücudun inflamasyona karşı antioksidan özellik gösteren önemli desteklerdir (2).

Antioksidanlar, serbest radikaller tarafından oluşan oksidasyonları önleyen, serbest radikalleri yakalama ve stabilize etme yeteneğine sahip olan yapılardır. Antioksidanların insan sağlığındaki en önemli etkisi, serbest radikalleri nötralize etmesi ve zincir bozan mekanizmalarda etkin olmasıdır (1). Başlıca besin antioksidanları olan A, C ve E vitaminlerinin temel besin kaynakları meyveler ve sebzeler, buğday cermi, kuruyemişler, yeşil yapraklı ve sarı-beyaz renkli sebzelerdir. Besin ögesi olmayan antioksidanlar flavonoidler, polifenoller ve terpenlerdir. Antioksidanlar, biyolojik makromoleküllerde reaktif oksijen türlerinin neden olduğu oksidatif hasar oluşumunu önlemeye yardımcı olmaktadır (2). Bu bileşikler, birçok hastalıkta oksidatif stres gelişimini azaltmak için serbest radikal süpürücü olabilen potansiyel bir antioksidan etkiye sahiptir (3). Doğal antioksidanların temel kaynağı olan bitkisel besinlerin diyetle yer alması, serbest radikal etkileşimi sonucu oluşan hastalıkların önlenmesinde koruyucu etkiye sahiptir. Polifenoller, bitkilerin yetişme ve canlılığını sürdürme dönemlerinde oksidatif stresten ve çevresel zararlılardan korunma yöntemleri olarak bitki dokularında gelişen sekonder metabolitlerdir. Bitkilerin farklı gelişim dönemlerinde kök, yaprak, gövde gibi bölümlerinde bulunan fenolik bileşikler, tür ve miktar olarak değişiklik göstermektedir. Bitkilerin

antioksidan kapasitesi ile fenolik madde, flavonoidler ve antosiyanin içeriği arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır (4).

Meyveler çiğ olarak tüketilebilmesine rağmen sebzelerin çoğunun tüketilmeden önce pişirilmesi gerekmektedir. Pişirme işlemi, sebzelerin sindirimini kolaylaştırmakta ve gıda güvenliğine katkı sağlamaktadır. Sebzelerin pişirilmesinde farklı pişirme yöntemleri kullanılmakta ve ülkelerin coğrafi ve kültürel özelliklerine ve insanların beslenme alışkanlıklarına göre kullanılan pişirme yöntemleri farklılık göstermektedir. Sebze ve meyvelerin tüketime hazırlanması sürecinde uygulanan işlemler, pişirme yöntemleri, pişirme süre ve sıcaklıkları, bekleme süreleri gibi durumlar sebze ve meyvenin duysal ve kimyasal yapısında farklılaşmaya yol açmaktadır (2,3).

Bu çalışmada, fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilen enginar bitkisinin yenilebilir bölümlerinin toplam fenolik bileşen miktarı ve toplam antioksidan aktivitesine, bu bölümlere uygulanan farklı pişirme yöntemleri sonucu değışiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Serbest Radikal Oluşumu ve Türleri

Serbest radikaller (SR), bir veya daha fazla eşleşmemiş elektrona sahip, kısa ömürlü, kararsız, molekül ağırlığı düşük ve çok etkin moleküller olarak tanımlanır. Oksijen, canlılar için hayati önemi olan bir moleküldür ve hücrede enerji üretim süreçlerinde kullanılır. Serbest oksijen radikalleri, enerji üretim süreçlerinin doğal bir yan ürünü olup, yüksek düzeyde reaktif ve potansiyel olarak zararlı maddelerdir (5).

Canlı organizmalarda oksijenden oluşan radikaller, en önemli serbest radikaller olarak kabul edilir. Oksijenin indirgenme ara ürünleri olan bağımsız, kısa ömürlü, reaktif atom ve moleküller serbest oksijen radikalleri olarak tanımlanır. Serbest oksijen radikali biyokimyasının önemli molekülleri; Singlet oksijen ($1O_2$), Süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$), Hidrojen peroksit (H_2O_2), Hidroksil radikali ($OH^{\cdot}$) Hipoklorik asit ($HOCl$), Nitrik oksit ($NO^{\cdot}$) ve geçiş metal iyonları radikalidir (2, 6).

Reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif nitrojen türleri (RNS), tüm aerobik hücreler tarafından üretilir ve yaşlanmanın yanı sıra yaşa bağlı hastalıkların gelişiminde önemli rol oynar. ROS ve RNS'nin eksojen kaynakları; hava ve su kirliliği, tütün, alkol, ağır veya geçiş metalleri, bazı ilaçlar, endüstriyel çözücüler, bazı pişirme yöntemleri (örneğin; füme et, atık yağ ve yağ) ve vücutta serbest radikallere metabolize olan radyasyon olarak belirtilmektedir (8).

ROS ve RNS üretiminin sadece zararlı etkileri yoktur, aynı zamanda organik moleküllerden enerji elde edilmesinde, bağışıklık savunmasında ve sinyalleşme sürecinde yer alır. H_2O_2 bir serbest radikal değildir çünkü eşleşmemiş elektronları yoktur, ancak Fenton veya Haber-Weiss reaksiyonu yoluyla oldukça reaktif hidroksil iyonunu ($OH^{\cdot}$) oluşturabilir, hücre zarlarında ve proteinlerde bulunan fosfolipitlerle reaksiyona girebilen $OH^{\cdot}$ radikali son derece reaktiftir (3).

2.1.1 Oksidatif stres

Oksidatif stres, canlı organizmada ROS üretimi ve antioksidan mekanizmalar arasındaki dengesizliktir (3). Kararlı durumdaki ROS konsantrasyonunun geçici veya kronik olarak artması, hücresel bileşenlere zarar vermesi ve hücresel metabolizmayı bozduğu durum olarak da tanımlanmaktadır (9).

Canlı organizmalar ROS üretimini ve eliminasyonunu dengeleyiciyi sistemlere sahiptir. Bu dengenin ROS lehine bozulması durumunda oksidatif stres oluşmaktadır. Artan ROS üretimi ile otooksidasyona giren bileşikler, antioksidanların üretiminde azalma ve rezervlerinin tükenmesi, antioksidan enzimlerin etkisizleşmesi ve üretiminde azalma, oksidatif stres oluşumuna yol açmaktadır. ROS üretimi ve eliminasyonu arasındaki dengesizlikten kaynaklanan ROS seviyesindeki artış, ROS üretiminin düzeyine, yerine, antioksidan sistemlerin etkinliğine ve etkileşime girdikleri hücresel hedeflere bağlıdır (7).

2.2 Vücudun Antioksidan Savunma Sistemi

Antioksidanlar, hayati moleküller zarar görmeden önce ROS ve RNS tarafından üretilen oksitleyici zincir reaksiyonlarının başlamasını veya yayılmasını engelleyebilen ve etkileşime girebilen moleküllerdir (10).

Antioksidanlar; enzimatik antioksidanlar süperoksitdismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPx) ve glutatyon (GSH) ve enzimatik olmayan antioksidanlar (E vitamini, C vitamini, karotenoidler, flavonoidler, polifenoller ve diğerleri) olmak üzere iki temel başlık altında değerlendirilebilir (11). Antioksidanlar doğal olarak ve sentetik yollarla oluşur. E vitamini, C vitamini ve β -karoten doğal antioksidanlara, tetratbütillidrokinon (E-319), bütillenmiş hidroksil anizol (BHA; E320), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT; E321) ve propil galat (E-311) ise sentetik antioksidanlara örnek verilebilir. Antioksidanlar, hidrojen bağıışı, radikal süpürme ve singlet oksijen söndürme dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar yoluyla serbest radikal reaktivitesini inhibe edebilir (10). Birçok çalışma, antioksidan sistem

eksikliğinin birçok inflamatuvar hastalığa neden olabileceğini göstermiştir (3). Aşırı serbest radikal oluşumu, oksidatif strese katkıda bulunarak moleküler ve hücresel düzeyde hasar oluşurmaktadır. ROS, proteinler (agregasyon, denatürasyon), lipidler (peroksidasyon), karbonhidratlar ve nükleotidler (DNA) üzerinde zararlı etkilere yol açmakta ve birçok serbest radikal aracılı hastalığın gelişimine katkıda bulunmaktadır (12).

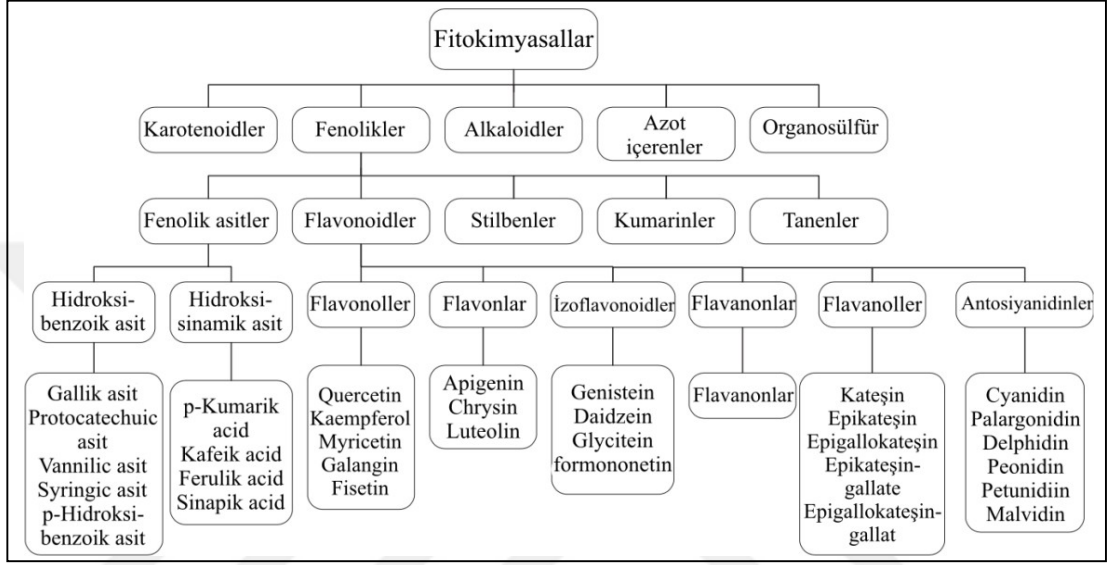
Vücudun antioksidan savunması, radikal oluşumunu önlemeyi, ROS'ları temizlemeyi ve ROS kaynaklı hasarı onarmayı içerir. Vücudun savunma sisteminde, ROS moleküllerini parçalayan ve böylece hücreleri aşırı ROS'a maruz kalmaktan koruyan antioksidan enzimler etkilidir. Enzimatik düzenlemenin çeşitliliğine rağmen antioksidan savunma sistemi, enzimatik olmayan mekanizmalar tarafından, özellikle glutatyon, koenzim Q10 dahil olmak üzere güçlü antioksidan özelliklere sahip moleküller ve polifenolik bileşikler, askorbik asit, retinol, β-karoten ve tokoferol ile desteklenmelidir. Antioksidan özelliklere sahip olduğu belirlenmiş eksojen bileşikler, vücudun toplam antioksidan kapasitesini artırarak antioksidan savunmasını güçlendirmektedir (13).

Bitkilerde bulunan zengin fenolik bileşikler, karotenoidler, vitaminler ve terpenoidler birçok hastalıkta oksidatif stres gelişimini azaltmak için serbest radikal süpürücü olarak potansiyel bir güce sahiptir (3). Vücudun doğuştan gelen savunma sistemini geliştirmeye ve redoks dengesini korumaya yardımcı olduğu bildirilmektedir (11). Birçok bitki türünde bulunan fenolik bileşiklerin, lenfositlerin proliferasyonunu ve aktivitesini baskılayarak anti-inflamatuvar ve anti-alerjik aktiviteler sergilediği bildirilmiştir (14).

2.3 Bitkilerdeki Antioksidanlar Moleküller

Bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, bitki büyümesi ve gelişmesi sırasında sentezlenen heterojen bir fitokimyasallar grubudur. Bununla birlikte, bitkilerde polifenol sentezi ve birikimi, biyotik ve abiyotik streslere tepki olarak uyarılabilir. Stresli koşullar altında gelişmiş fenolik sentez, polifenollerin ROS'lara karşı önemli

rolü ile ilgilidir, aerobik veya fotosentetik metabolizma, stres nedeniyle bozulduğunda kaçınılmaz olarak üretilir. Ayrıca, bu biyomoleküller bitkilerde ultraviyole (UV) ışığına, anti-mikrobiyal ajanlara, fitoaleksinlere ve diğerlerinin yanı sıra tozlayıcılar için çekici maddelere karşı koruyucu etki gösterir (15). Şekil 1’de fitokimyasalların genel sınıflandırılması gösterilmiştir (16).



Şekil 1. Fitokimyasalların genel sınıflandırılması (16)

2.3.1 Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, bir veya daha fazla aromatik halkaya doğrudan bağlanmış bir ya da daha fazla hidroksil grubuna sahip organik bileşiklerin bir sınıfıdır. Bu organik bileşikler sınıfına ait kimyasalların ilk üyesine, C_6H_5OH kimyasal formülü ile karbolik asit, benzofenol veya hidroksibenzen olarak da bilinen fenol denilmekte olup, grubun diğer tüm üyeleri fenolün türevleridir (17).

Fenolik bileşikler bitkilerin fizyolojisinde önemli etkilere sahip, bitkiye tat, koku, renk gibi özelliklerini kazandıran önemli biyoaktif bileşiklerdir (18). Fenolik bileşik olarak tanımlanan fitokimyasallar, bitkiyi enfeksiyon, zedelenme, UV gibi çevresel faktörlere karşı koruyucu etkiye sahiptir. Bitkilerde doğal olarak oluşan, tanımlanmış yaklaşık 8000 bileşiğin ortak özelliği, hepsinin bir hidroksil grubuna ve

fenol grubu içeren bir aromatik halkaya sahip olmasıdır (19). Antioksidan kapasiteleri bu hidroksil grupları ve fenolik halkalarla ilişkilidir (20).

Fenolik bileşikler, bitkilerde büyümeyi içsel olarak düzenleyerek fizyolojik düzenleyici veya kimyasal haberci olarak önemli rol oynarlar. Bitkilerin temel bölümleri olan gövde, sap, yaprak, epidermal hücreler, koruyucu hücreler, yardımcı hücreler, parankim hücresi, klorenkima hücresi kolenkima hücresi, epidermal tüyler (trikomlar) fenolik bileşik içeren hücrelere sahiptir. Bu nedenle fenolikler, bitkilerin her bölümünde bulunan ikincil bitki metabolitleridir (21). Antioksidan aktivite, görsel sinyaller ve oksijen taşınmasının kontrolü gibi çok çeşitli işlevleri yerine getirirler (22). Fenolik bileşikler, hem bitkileri dış stresten korumakta hem de bitki morfolojisini karakterize eden rengi vermekte kilit rol oynamaktadır (23).

Fenolik bileşikler serbest formda, yağ asitleri (çözünür esterler) veya çözünmeyen makromoleküller (çözünmeyen bağlı fenolikler) gibi diğer moleküllere kovalent olarak bağlanmalarına göre serbest, esterlenmiş ve çözünmeyen bağlı formlara ayrılabilir. Çoğu çözünmeyen bağlı fenolikler, pektin, selüloz, arabionoksilan ve yapısal proteinler dahil hücre duvarı maddeleri ile kimyasal olarak kovalent bağlar oluşturur ve gıdalardaki çözünür fenoliklere kıyasla nispeten büyük miktarda (sebze, meyve, baklagiller ve tohumlarda %20-60) bulunur (16). Hücre duvarında bulunan fenolik bileşikler, ester, eter ve C-C bağları aracılığıyla selüloz, hemiselüloz, arabinoksilanlar, yapısal proteinler ve pektin gibi hücre duvarı maddeleri ile kovalent bağlar oluşturabilir (21).

Çözünmeyen bağlı fenolikler, bitki hücrelerinin hücre duvarı matriksinde bulunmaktadır. Başta endoplazmik retikulum olmak üzere hücre içi organlarda sentezlenen fenolik bileşikler, hücre duvarına göçlerini kolaylaştıran küçük bir lipid çift katmanlı sistem olan vezikül transfer sistemi aracılığıyla vakuol veya hücre duvarı matrisine salınır ve taşınır. Matrise taşınan fenolik bileşikler, hücre duvarı matrisindeki eter, ester ve karbon-karbon bağları aracılığıyla kovalent bağlarla yapısal proteinler, selüloz ve pektin gibi makromoleküllere bağlanarak çözünmeyen bağlı fenolikler oluşturur. Bu nedenle, çözünür ve çözünmez bağlı fenoliklerin çoğu,

bitki hücrelerinin hücre içi bölümlerinde bulunmaktadır (24, 25). Fenoliklerin yapısının dönüştürülmesinde birçok enzim türü yer alır ve bu da farklı fenolik asitler, antosiyanidinler ve flavonoidlerin oluşumuna neden olmaktadır (21).

Sinnamik asitler ve benzoik asitler, fenolik asitlerin temsili gruplarıdır. Sinamik asitler arasında p-kumarik, kafeik, ferulik ve sinapik asitler bulunurken, benzoik asitler p-hidroksibenzoik, protokateşik, vanillik, şıngık ve gallik asitleri kapsar. Hidrojen, hidroksil ve metoksi grupları gibi süstitüe edilmiş fonksiyonel gruplardaki farklılaşma, moleküler yapılarını belirleyerek antioksidan kapasitelerini ve biyoaktivitelerini etkilemektedir (21).

2.3.1.1 Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

Fenolik bileşikler, farklı gruplar halinde sınıflandırılır. Sınıflandırma kriterleri; karbon zinciri, temel fenolik iskelet veya molekülde bulunan fenol üniteleri sayısı ile ilişkilidir. Karbon zincirine dayalı sınıflandırmada aromatik halkaya (C6) bağlı karbon atomlarına bağlı tam sayılar, aromatik halkaya doğrudan veya dolaylı olarak bağlanmış karbon atomlarının sayısını temsil eder (17). Tablo 1’de fenolik bileşiklerin karbon sayısına göre sınıflandırılması gösterilmiştir. Molekülde bulunan fenol ünitelerinin sayısına göre sınıflandırmada ise fenolik bileşikler, belirli bir moleküldeki fenol gruplarının sayısına bağlı olarak basit, bi- ve polifenoller olarak gruplandırılabilir. Basit fenoller, sadece bir fenolik halkaya sahiptir, basit fenollerin örnekleri arasında; fenolik asit, hidrosikinon, rezorsinol, timol, vb. gösterilebilir. Bifenoller, iki fenolik birim içerirken, polifenoller fenolik yapının çoklu birimlerinden oluşur (17).

Tablo 1. Fenolik bileşiklerin karbon sayısına göre sınıflandırılması (17)

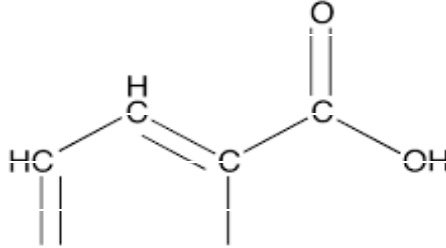
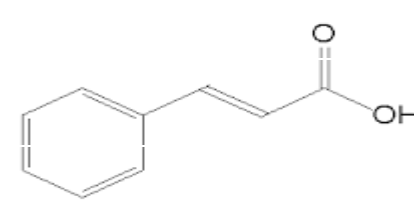
Yapı	Sınıfı	Yapı	Sınıfı
C6	Basit fenolikler	C15	Flavanlar, Flavonlar
C6-C1	Fenolik asitler ve ilgili bileşikler	C15	Flavanonlar, Flavanonoller
C6-C2	Asetofenonlar ve fenilasetik asitler	C15	Antosiyanidinler
C6-C3	Sinamikasitler, Sinamilaldehitler, Sinamil alkoller	C30	Biflavoniller
C6-C3	Kumarinler, izoumarinler ve kromonlar	C18	Betasiyaninler
C6-C1-C6	Benzophenonlar	C6-C2-C6	Stilbenler

2.3.1.1.1 Fenolik asitler

Fenolik asitler, bitkilerde oluşan fenolik bileşiklerin temel grubudur, Hidroksibenzoik asitler ve hidroksisinnamik asitler olarak iki grupta sınıflandırılabilir. Doğal fenolik asitler, serbest-bağlı ve genel olarak şekilsiz formlarda ortaya çıkarlar. Hidroksisinnamik asitler, fenolik bileşikler içinde ana sınıftır (26).

Genel olarak (C6-C1) yapısına sahip olan gallik, p-hidroksibenzoik, Protokatekuik Asit veya 3, 4-dihidroksibenzoik asit, vanilik ve siringik asitleri içerir, hidroksisinnamik asitler, yaygın olarak kafeik, ferulik, p-kumarik ve sinapik asitler olmak üzere, üç karbonlu bir yan zinciri (C6-C3) olan aromatik bileşiklerdir. Fenolik asitlerin temel besin kaynakları; yaban mersini, böğürtlen, armut, kiraz (tatlı), elma, portakal, greyfurt, vişne suyu, elma suyu, limon, şeftali, patates, marul, ıspanak, kahve çekirdekleri, çay, kahve ve elma şarabıdır (27). Tablo 2’de benzoik asit, sinnamik asit ve türevleri özetlenmiştir (28).

Tablo 2. Benzoik asit, sinnamik asit ve türevleri (28)

Benzoik Asit ve Türevleri	Değişiklikler			
	R1	R2	R3	C ₆ H ₅ COOH
Benzoik asit	H	H	H	
Hidroksibenzoik asit	H	OH	H	
p- rotokatekuik	H	OH	OH	
Vanillik asit	CH ₃ O	OH	H	
Siringik asit	CH ₃ O	OH	CH ₃ O	
Gallik asit	OH	OH	OH	
Sinnamik asit ve türevleri	R1	R2	R3	C ₆ H ₅ COOH
Sinnamik asit	H	H	H	Sinnamik asit
p-Kumarik asit	H	OH	H	
Kafeik asit	OH	OH	H	
Ferulik asit	CH ₃ O	OH	H	
Sinapik asit	CH ₃ O	OH	CH ₃ O	

2.3.1.1.2 Flavonoidler

Bitkilerin ikincil metabolitleri arasında yer alan flavonoidler, fotosentez sonucu oluşan karbonhidrat, amino asit gibi primer metabolitlerden oluşmaktadırlar. Bitkilerde fotosentez sonucu oluşturulan tüm karbonun yaklaşık %2'si flavonoidlere veya diğer bileşiklere dönüştürülmektedir. Bir flavonoidin temel karbon iskeleti, 15 karbon içeren flavan çekirdeğidir (29).

Flavonoidlerin yapısındaki hidroksil (OH) grupları, reaktif özellikleri sebebiyle kolaylıkla glikolize olurlar. Bitkilerde flavonoidler, hidroksilleme, metillenme ve en önemlisi glikolizlenme sonucu çeşitli yapılar da bulunabilirler (30). Flavonoidlerin temel yapısı bir aromatik A halkası ve bir karbon-karbon köprüsüne aromatik bir B

halkası ile bağlanmış bir heterosiklik C halkasından oluşur. Heterosiklik C halkası varyasyonuna bağlı olarak flavonoidler; flavonlar, flavonoller, flavanonlar, katekinler veya flavanoller, antosiyanidinler ve isoflavonlar olmak üzere altı alt sınıfa ayrılır (31).

2.3.1.1.3 Stilbenler

Monomerler veya oligomerler şeklinde bulunan stilbenler, aromatik halkalar üzerinde, hidroksil grupları olan bir 1,2-difeniletilen çekirdeğine sahip bileşiklerdir. En iyi bilinen bileşik, bir trihidroksistilben iskeletine sahip olan trans-resveratrol'dür. Stilbenler üzüm, şarap, soya ve yerfıstığında bol miktarda bulunur (27).

Fitoöstrojen bileşikler arasında yer alan stilbenlerin temel kaynağı yer fıstığı ile kırmızı şaraptır. Resveratrol şarapta bulunan stilben türüdür. Resveratrol üzümün et bölümünde değil, kabuk kısmında bulunur. Şaraptaki resveratrol miktarı botrital mantarının bulunuşuna, mevsime, coğrafik bölge ve yetiştirmeye bağlıdır. Fermantasyon süresinin artması ile son üründe trans-resveratrol miktarı artmaktadır. (32).

2.3.1.1.4 Kumarinler

Kumarin ve türevleri antibakteriyel antifungal, antimalaryal gibi bir dizi farmakolojik özelliklere sahip olup doğada birçok bitkide bulunmaktadır. Kumarin türevleri, çoklu ilaca dirençli hücreler de dahil olmak üzere farklı kanser hücre hatlarında hücre döngüsü durdurma, anjiyogenez inhibisyonu, kinaz inhibisyonu, telomeraz inhibisyonu, antimitotik aktivite, monokarboksilat taşıyıcıların inhibisyonu, karbonik anhidraz inhibisyonu, aromataz inhibisyonu ve sülfataz gibi tetikleyebilir ve doğada yaygın olarak birçok bitkide bulunur (33).

2.3.1.1.5 Tanenler

Tanenler, molekül ağırlığı 300-5000 dalton arasında değişebilen, bitkilerin bileşiminde doğal olarak bulunan azotsuz fenolik bileşiklerdir. Hidrolize olabilen tanenler ve kondanse tanenler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Genel olarak proteinlere, az miktarda da polisakkaritlere ve metal iyonlarına bağlanıp, kompleks yapı oluşturmaktadırlar (34).

Hidrolize edilebilir tanenler, gallik asidin esterleri (gallo- ve ellagi-taninler) iken, yoğunlaştırılmış tanenler proantosiyanidinler olarak da bilinir. Üzüm, elma suyu, çilek, ahududu, nar, ceviz, şeftali, böğürtlen, zeytin, erik, nohut, bezelye, mercimek, kuru fasulye, beyaz şarap, kakao, çikolata, çay, elma şarabı, kahve, olgunlaşmamış meyveler tanenlerin ana kaynaklarıdır (9).

Tanenler, bitkilerin kabuk, odun, meyve, meyve tohumu, yaprak, kök gibi çeşitli dokularında ve bitki özünde bulunabilirler ve bu dokuların gelişiminin düzenlenmesinde rol oynarlar ve allelopatik ve bakterisidal etkilere sahiptirler (35). Bitkiler en fazla kuru ağırlıklarının %20'si oranında tanen içerebilir. Bununla birlikte, çevresel koşullara cevap olarak bu oranlarda değişiklikler olabilir (36). Bitkinin tanen üretimindeki artış bazı bitki hastalıkları ile ilişkili olabilir, tanenler bitkiyi enfeksiyon ve böceklerle karşı korumaktadır (37). Tomurcuk dokularında yerleşen tanenler bitkileri donmaya karşı, yaprak dokusunda bulunanlar ise yaprakların lezzetini azaltarak bitkiyi otçul hayvanlara karşı korurlar. Kök dokusunda yerleşmiş olan tanenler kökleri bitki patojenlerinden korurken, tohum dokusunda yerleşenler bitki türlerinin devamını sağlamaktadır (35).

2.3.1.2 Polifenollerin temel kaynakları

Polifenollerin temel kaynakları üzüm, turunçgiller, kayısı, elma, erik, kiraz, şeftali ve tropik meyvelerdir. Diğer önemli kaynaklar, çeşitli tohumlar, tahıllar, fındık, yeşil ve siyah çay, meyve suları, kahve, kırmızı şarap, kakao ve bira gibi içeceklerdir. Polifenollerden zengin sebzeler, soğan, ıspanak, brokoli, karnabahar,

enginar, domates, fasulye, soya fasulyesi, havuç, kapari ve zeytindir. Karanfil tomurcuğu, zerdeçal, kereviz, maydanoz, nane, biberiye, kekik, adaçayı, dereotu, köri ve zencefil gibi farklı baharatlar ve otlar da yüksek seviyede polifenol içerir (6). Tablo 3’de polifenol türleri, temel kaynakları ve biyolojik etkileri verilmiştir (38).

Tablo 3. Polifenol türleri, temel kaynakları, biyolojik etkileri (38)

Polifenol	Kaynakları	Etkileri
Epigallokateşin 3-O-gallat (EGCG) (flavonoidler/ kateşinler)	Çay, meyveler (elma, üzüm, çilek), kırmızı şarap, çikolata	Antioksidan, pro-oksidatif, pro-apoptotik, anti-proliferatif, antianjiyogenik, antimetastatik, antimutagenik, anti-inflamatuar, telomerez aktivitesinin inhibisyonu ve lipid peroksidasyon, östrojen aktivitesinin modülasyonu
Apigenin (flavonoid/ flavonlar)	Aromatik bitkiler (papatya, maydanoz, kekik), greyfurt, portakal, soğan	Antioksidan, anti-mutajenik, anti-inflamatuar, anti-viral, tümör büyümesinin inhibisyonu, pro-apoptotik, tümör progresyonunun baskılanması, anti-invaziv, antianjiyogenik, antimetastatik, anti-proliferatif, epigenetik değişikliklerin modülasyonu
Kuersetin (flavonoidler/ flavonoller)	Sebzeler (soğan, brokoli), meyveler (elma, kayısı, çilek), fındık, tohumlar, çay, şarap, kakao	Pro-oksidatif, antiviral, tümör oluşumu ve yayılımını inhibisyonu, pro-apoptotik, anti-proliferatif, antimetastatik, anti-anjiyogenik, lipid peroksidasyonunun inhibisyonu, tümör insidansının ve çokluğunun azaltılması, epigenetik değişikliklerin modülasyonu
Fisetin (flavonoidler/ flavonoller)	Çilek, elma, hurma, üzüm, soğan ve salatalık	Antioksidan, proapoptotik, hücre döngüsü durmasının indüksiyonu, androjen sinyalleşmesinin inhibisyonu ve tümör büyümesi, antiproliferatif, tümör hücrelerinin canlılığında azalma
Naringin (flavonoidler/ flavanonlar)	Turunçgiller, domatesler, aromatik bitkiler	Antioksidan, anti-inflamatuar, anti-metastatik, tümör insidansının azaltılması, peroksit sitotoksitesinin bloke edilmesi
Naringenin (flavonoidler/ flavanonlar)	Turunçgiller, domatesler, aromatik bitkiler	Antioksidan, anti-metastatik, antiproliferatif, oksidatif hasardan sonra DNA onarımının uyarılması
Hesperetin (flavonoidler/ flavanonlar)	Turunçgiller, domatesler, aromatik bitkiler	Antioksidan, malignite inhibisyonu, antimetastatik, antiviral, antiinflamatuar
Xanthohumol (flavonoidler/ kalkonlar)	Şerbetçiotu, bira	Antioksidan, antiinflamatuar anti-östrojenik, pro-apoptotik, anti-invaziv, tümör büyümesinin baskılanması, anti-proliferatif,

Tablo 3. Polifenol türleri, temel kaynakları, biyolojik etkileri (devam)

Polifenol	Kaynakları	Etkileri
Genistein (flavonoidler/ isoflavonlar)	Baklagiller, özellikle soya	Antioksidan, anti-invaziv, antiinflamatuvar, anti-metastatik, tümör gelişiminin / büyümesinin gecikmesi / baskılanması, östrojenik aktivitenin, epigenetik değişikliklerin modülasyonu
Isoliquiritigenin (flavonoidler/ kalkonlar)	Meyan kökü, soğancık ve fasulye filizi	Potansiyel antioksidan, antiinflamatuvar, antimetastatik, anti-invaziv, tümör hücre yayılımının inhibisyonu
Gallik asit (fenolik asitler/ hidroksibenzoik asitler)	Meyveler, ananaslar, muzlar, limonlar, şaraplar	Antioksidan, pro-oksidatif, anti-inflamatuvar, antibakteriyel, antiviral, anti-melanojenik, antimutagenik, tümör büyümesinin baskılanması, anti-invaziv, antiproliferatif, tümörigenezin inhibisyonu, anti-anjiyojenik, androjen reseptörünün modülasyonu
Ellagik asit (fenolik asitler/ hidroksibenzoik asitler)	Meyveler, nar, ceviz	Antioksidan, anti-inflamatuvar, anti-bakteriyel, anti-anjiyojenik, antimetastatik, proapoptotik, anti-proliferatif, anti-invaziv, motilitenin inhibisyonu
Rosmarinik asit (fenolik asitler / hidroksisinamik asitler)	Lamiaceae familyasından otlar	Antioksidan, epigenetik değişimin modülasyonu
Kurkumin (Kurkuminoidler)	Zerdeçal, hardal	Antioksidan, anti-anjiyogenik, yapışma önleyici, tümör büyümesini baskılayan, antiproliferatif, proapoptotik, antimetastatik, anti-in-manipülator, modülasyon ve epigenetik değişikliklerin tersine çevrilmesi
Resveratrol Pterostilbene Piceatannol (stilbenler)	Kırmızı şarap, üzüm, çilek, yer fıstığı	Antioksidan, antiinflamatuvar anti-siklooksijenaz, antiproliferatif, proapoptotik, antiöstrojenik, lipid metabolizmasının modülasyonu, trombosit agregasyonunun inhibisyonu

2.3.1.3 Polifenollerin antioksidan etkileri

Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi, hidrojen atomları, elektronlar veya metal katyonları bağlayarak serbest radikalleri temizleme kapasitesine bağlıdır. Moleküler yapıları, özellikle hidroksil gruplarının sayısı ve konumları ve aromatik halkalar üzerindeki süstitüsyonların yapısı, fenolik bileşiklerin, yapı-aktivite ilişkisi

olarak adlandırılan serbest radikallerin etkisiz hale getirme kapasitesine yol açmaktadır (20).

Polifenollerin antioksidan olarak nitelendirilebilmesi için iki özelliği taşıması gerekir. İlki, düşük konsantrasyonlarda olsa bile oksidasyonu geciktirebilme, oksidasyonu önleme veya yavaşlatma etkisine sahip olması, ikincisi ise kendisi serbest radikallere dönüştüğünde yapısının stabil bir formda kalabilmesidir (4).

Bitkilerde bulunan antioksidan bileşikler, canlı dokulardaki lipid oksidasyonunun azaltılmasında önemli bir role sahiptir. Araştırmalar meyve ve sebzelerden zengin bir diyetin yaşlanma sürecinin gecikmesine inflamasyon ve oksidatif stresin azaltılması ile, kardiyovasküler hastalıklar, ateroskleroz, kanser, diyabet, katarakt, nörolojik hastalıklar gibi kronik hastalıkların gelişim riskinin azalmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir (20).

2.4 Enginar (*Cynara Scolymus* L.)

Enginar, en eski kültür bitkilerinden biridir (39). Eski Mısırlılar, Yunanlılar ve Romalılar tarafından 4. yüzyıldan beri yiyecek olarak ve karaciğer-safra hastalıklarına karşı yararlı etkileri ve sindirime yardımcı olması nedeniyle ilaç olarak kullanılmıştır. Botanik adı kısmen bitkinin küllerle gübrelenmesi geleneğinden ve kısmen de brakte yapraklar üzerinde bulunan dikenlerden, Yunanca "deve dikeni" anlamına gelen skolymos'tan türetilmiştir (40). Astereaceae veya Compositae familyasında olup *Cynara* cinsi diploid ($2n = 2x = 34$) türlere aittir (41). Enginar, kapitulum eksen tablası (çiçek tablası) ve yapraklarından çeşitli şekillerde faydalanılan bir bitkidir. Sebze olarak değerlendirilen kısmı, "baş" olarak adlandırılan kapitulum eksen tablası ile iç brakte yaprakların bir araya gelmesiyle oluşan ve olgun olmayan çiçekleri de içeren organlar topluluğudur (42).

Cynara türleri, yağışların az, düzensiz ve ağırlıklı olarak sonbahar/kış aylarında yoğunlaştığı Akdeniz iklim koşullarına iyi uyum sağlayan bir bitkidir. Büyüme için ideal yıllık yağış aralığı 450-1000 mm/yıl, sıcaklık 7-38°C aralığındadır ancak,

dormansi (tohumdan çimlenme) dönemlerinde 40°C'nin üzerindeki ve 7°C'ye kadar olan sıcaklıklara dayanabileceği bildirilmiştir (42).

Enginarda bulunan biyoaktif bileşiklerin içeriği, edafoklimatik koşullar, genotipi, bitkinin morfolojik kısmı, yaşam döngüsü aşaması ve ekstraksiyon prosedürleri dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Enginar bitkisi bölümlerine ayrıldığında %18,4-29,7'i kalp, %25,2-30,5'i brakteler, %8,7-11,3'ü kalp kılı, %10,9-12,2'si tüy, %11,2-14,8'i çiçek kalıntısı olarak rapor edilmiştir (23, 43).

Enginarın yenilebilir bölümleri iç braktelerin alt kısımları, kalp ve sap kısmıdır. Bitkinin kullanımı yenilebilir kısmıyla sınırlı olmayıp, yaprak, gövde ve kökler de çiftlik hayvanları için yem, inülinin ekstraksiyonu, ikincil metabolitlerin ekstraksiyonu için hammadde, enerji ve kâğıt hamuru için lignoselülozik biyokütle, biyodizel yakıt üretimi için tohum yağı ve alkollü içecek yapımı gibi farklı amaçlar için kullanılmaktadır (23).

Morfolojik özellikleri ve çeşitliliğinde yaprak kalınlığı, kalbin çapı, uzamanın başlama zamanı, yaprak lobunun yoğunluğu, dış yaprakların rengi ve şekli, dikenlerin varlığı ya da yokluğu, sıklık ve baş rengi kalitenin belirlenmesinde önemlidir. Genetik çeşitlilikte öne çıkan diğer özellikler fenoloji, morfoloji, kimyasal kompozisyon ve verim potansiyelidir. Ticari önemi ve değeri fiziksel kimyasal ve biyokimyasal parametreleri (üretim verimi, şekli, büyüklük, nem, renk, solunum oranı, fenolik içerik, enzimatik aktivite ve kahverengileşme ile ilişkilidir. Tablo 4'te dünya genelinde sıklıkla yetiştirilen enginar çeşitleri ve özellikleri verilmiştir (44).

Tablo 4. Enginar çeşitleri ve baş morfolojisindeki değişkenlikler (44)

Çeşit	Özellikleri
Omaha 	Yoğun ve yuvarlak (en fazla 15,24 santimetre çapındadır). Birçok enginar çeşidine göre daha az acıdır.
Merkür 	Kırmızı-mor rengi ve belirgin yuvarlak tepesi ile diğer birçok enginardan daha tatlıdır ve genellikle 8,89 santimetre çapındadır.
Siena 	Yaklaşık 10,16 santimetre çapındadır Yavaş olgunlaşır ve çiğ olarak yenebilecek kadar yumuşak bir kalp dokusuna sahiptir.
Baby Anzio 	Açık mor-kırmızı renkte ve tamamen büyüdüğünde çapı sadece 3 cm'dir.
Chianti 	Yaprakları yeşil kestane renkli, klasik şekilli, 10 cm çapındadır.
Büyük Kalp 	Büyük, etli bir tabana sahiptir.
Yeşil küre enginar 	Yeşil kürenin kalbi ve tabanı tereyağı tadında olup geniş ve kalın bir kalbi vardır. Çapı 8-10 cm arasında değişir ve geleneksel olarak çok yıllık olarak yetiştirilir.

Tablo 4. Enginar çeşitleri ve baş morfolojisindeki değişkenlikler (devam)

Çeşit	Özellikleri
Kral 	Bloklu ve canlı renklere sahip braktelerin uçlarında belirgin yeşil noktalara vardır 10 cm çapındadır.
Fiesole 	6 cm çapındadır, meyveli bir tada ve pişirme ile solmayan koyu bir renge sahiptir.

Türkiye’de enginar üretiminin %55’i Ege, %45’i ise Marmara bölgesinde gerçekleştirilmekte olup, 24.500 ton/yıl civarında enginar üretilmektedir. Tüketim şekline bağlı olarak Türkiye’de yetişen enginar çeşitleri farklı özellikler göstermektedir. Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen çeşitler ve bunların özellikleri Tablo 5’te özetlenmiştir (45).

Tablo 5. Türkiye’de yetişen enginar çeşitleri ve özellikleri (44)

Çeşit	Özellikleri
Sakız Enginarı 	Ege bölgesinde yetişir. Orta irilikte, sıkı ve hafif uzun baş oluşturur. Taze tüketime uygundur. İç brakte yaprakları ve çiçek tablası yenir. Tipik özelliği yapraklarının parçalı olmayışı ve düz oluşudur.
Yerli Enginar 	Ege ve Akdeniz bölgesinde yetişir. Yaprakları parçalıdır ve başlar sakız enginarına göre daha küçük ve basıktır. Bu çeşidin bitkileri verime geç yatar ve daha küçük ve basık baş oluştururlar.
Bayrampaşa Enginarı 	Marmara bölgesinde yetişir. İri ve basık başlı olup, iri çiçek tablası vardır. İri çiçek tablası nedeniyle konserveye uygundur.

Enginar seçiminde dikkat edilecek özellikler başın ağır, kompakt, yeşil renkte ve taze görünümde olmasıdır. Dış brakte yapraklarının açılmaya başlaması aşırı olgunluğun bir belirtisidir. Bu dönemde çiçek tablası üzerinde çiçekler belirginleşmeye başlar ve baş yavaş yavaş tazeliğini ve yeme lezzetini yitirerek katılaşır, sakız enginarı başlarını seçerken sap kısımlarından tutularak başın sallanması halk arasında çok sık kullanılan bir yöntemdir. Bu basit test başın ağırlığını, baş ile sap arasındaki dokunun tazeliğini, dokunun turgor durumunu, kart olup olmadığını, lif oluşum durumunu belirlemek için kullanılır, başın hafif sallanması tazeliğin belirtisidir (46).

2.4.1 Enginarın besin ögesi içeriği

Enginar, mineraller, vitaminler, lif ve biyoaktif fenolik bileşiklerin varlığı nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilmektedir. Bitki gelişimi sırasında fenolik bileşikler, biyolojik işlevlerini yerine getirdikleri periferik kısımlarda yoğunlaşırlar. Bu nedenle kabuk, yaprak ve gövde gibi tarımsal endüstriyel atıklar genellikle biyoaktif polifenoller açısından çok zengindir (47). Enginarın yenilebilir bölümlerinin 100 gramı ortalama olarak 84,5 kkal enerji, 3,2 g protein, 16,44 g karbonhidrat içermektedir (48). Enginarın bölümlerine göre besin ögesi içeriği Tablo 6'de verilmiştir (49).



Tablo 6. Enginarın bölümlerine göre besin ögesi içeriği (49)

	Miktar/100 g taze bitki materyali			
	Kalp	Yaprak	Brakte	Kök
Nem (g)	87.06	83.75	75.77	85.52
Kül (g)	1.84	1.77	1.19	1.02
Protein (g)	3.31	2.42	6.6	3.77
Yağ (g)	0.9	0.01	0.2	0.2
Kolesterol (mg)	0	0	0	0
Karbonhidrat (g)	6.89	4.8	5.5	15.1
Diyet lifi (g)	7.2	3.6	3.9	1.6
Mineraller				
Sodyum (mg)	315	264	199.2	201.9
Potasyum (mg)	435	28.5	26.6	26.5
Kalsiyum (mg)	53.9	27.4	7.053	6.99
Demir (mg)	0.95	0.72	0.86	0.6
Magnezyum (mg)	28	21.2	19	15
Bakır (mg)	0.027	0.025	0.025	0.02
Fosfor (mg)	90	79	77	66
Çinko (mg)	0.5	0.42	0.38	0.12
Selenyum (Mg)	0.25	0.17	0.2	0.07
Vitaminler				
Folik asit (g)	68	55	59	13
C vitamini (mg)	6.8	5	5.4	4
A vitamini (g)	24.46	14	15.7	11.08
E vitamini (mg)	0.25	0.2	0.2	0.19
K vitamini (g)	14.8	11.6	12.4	0.1
B1 vitamini (mg)	0.07	0.04	0.05	0.02
B2 Vitamini (mg)	0.058	0.033	0.042	0.01
B6 vitamini (mg)	0.11	0.7	0.7	0.07

2.4.2 Enginardaki antioksidan bileşikler

Bitkinin beslenme ve farmasötik özellikleri yüksek düzeyde polifenolik bileşikler ve inülin içeren özel kimyasal bileşimleriyle bağlantılıdır. Kafeik asit türevleri, bu türevlerin en önemlileri olan klorojenik asit (5-O-kafeoilkuinik asit) ile çok çeşitli kafeoilkuinik asit türevleri enginar başları ve yapraklarındaki ana fenolik bileşiklerdir. Flavonoidler apigenin ve luteolin (her ikisi de glukozitler ve rutinozitler olarak bulunur) gibi diğer fenolikler ve farklı siyanidin kafeoilglukozit türevleri enginar dokularında tanımlanmıştır. Enginar depolama organlarında ana karbonhidrat rezervi olarak inülini sentezler ve biriktirir. Bitkilerde bilinen inülin moleküllerinin en yüksek polimerizasyon derecesi (DP) olan zincir uzunluğu 200'e kadar inülin molekülleri enginarda bulunur (40).

Enginarda toplam 31 (poli)fenolik bileşik tanımlanmış ve enginar örneklerinin serbest ve bağlı fraksiyonlarında tespit edilmiştir. On dokuzu fenolik asitler, özellikle kafeik, ferulik ve p-kumarik türevleri dahil olmak üzere hidroksisinamik asit türevleri; flavon ailesine ait on flavonoid (apigenin ve luteolin türevleri) ve iki lignandır (pinoresinol türevleri). Çiğ ve pişmiş numunelerdeki en temsili fenolik asitler, özellikle kafeoilkuinik asitler hem monoCQA'lar hem de diCQA'lar olup, toplam (poli)fenolik bileşik içeriğinin sırasıyla %45-56'sını ve %40-48'ini oluşturmaktadır (50).

Küre enginar genotiplerinin bireysel fenolik bileşiklerini çiçek salkım kısımları (yapraklar, çiçek sapı, hazne ve iç ve dış dallar) ve hasat zamanı (kış ve ilkbahar) ile ilgili olarak nicel ve nitel olarak değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalara göre farklı genotipe ait olan enginar çeşitleri arasında fenolik bileşikler ve flavanoid içerikleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Genotipe göre içeriğin belirlenmesi ürünün kullanım şeklini doğru değerlendirebilmek açısından önemlidir (51).

Enginarın yaprakları, kafaları, farklı sınıflara ait fenolik bileşikler, benzoik ve sinamik türevler, flavonoidler ve tanenler bakımından zengindir. Enginarın yenilebilir bölümleri taze ağırlığının yaklaşık %30-40'ı kadardır (40).

Bu bileşiklerin önemi, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasarlara karşı koruyucu bir etki ve hem enzimatik hem de kimyasal mekanizmalarla oksidatif esmerleşme reaksiyonları için substratlar olarak iyi kurulmuş ikili rolleriyle bağlantılıdır. Fenoliklerin güçlü antioksidanlar olarak etkisi, esas olarak, indirgeyici ajanlar, hidrojen vericiler ve tekli oksijen söndürücüler olarak hareket etmelerine izin veren redoks özelliklerinden kaynaklanmaktadır (41, 52).

2.4.2.1 Kafeoilkuinik asitler

Kafeik asit ile kinik asitin esterleri olan kafeoilkuinik asitler (CQA'lar) fenilpropanoid biyosentez yolundan türetilen özel biyoaktif metabolitlerdir. CQA'lar, esas olarak anti-inflamatuar ve antioksidan özelliklerinden dolayı insan sağlığı için faydalı olarak kabul edilmektedir (53).

Kafeoilkuinik asitler veya hidroksisinamik asitler, bitki hücre duvarlarının bütünlüğünü, yapısal şeklini ve antimikrobiyal savunmayı sağlayan çok çeşitli mono ve dikaffeoil-kuinik asit türevlerinden oluşur. Kafeoilkuinik asitler bakteriler, mantarlar ve böcekler gibi çeşitli patojenik ajanların neden olduğu abiyotik ve biyotik streslerin yanı sıra yara hasarı ve UV'ye doğrudan maruz kalmaya karşı bir bitki savunma tepkisi olarak sentezlenir (23).

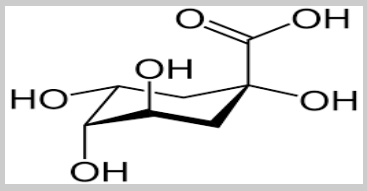
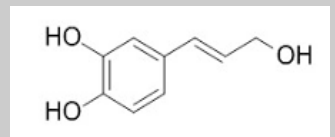
Bitkinin yetiştirme dönemlerindeki CQA içeriği çok farklıdır. Enginarındaki CQA'ların toplam içeriği genç enginar dokularında kuru madde bazında %8'iken, yaşlanmış dokularda %1'in altında olabilmektedir. CQA'ların kalitatif ve kantitatif bileşimi çeşitlidir ve sadece bitki kısımlarına değil, aynı zamanda bitkinin fizyolojik aşamasına, depolama koşullarına ve özellikle işlemeye ısı ve/veya enzimatik uygulamaların eşlik ettiği durumlarda bitki işlemesine ve UV radyasyonunun etkisine bağlıdır. Klorojenik asit ailesine ait bileşikler, kinik asit ile esterlenmiş açıl

kalıntılarının kimliğine, sayısına ve konumuna ve ayrıca asil kalıntılarının aromatik parçası üzerinde bulunan fonksiyonel gruplara bağlı olarak çok farklı fizikokimyasal özellikler sergiler (54). Genel olarak mono CQA'lar ve di CQA'lar daha az polar özellikle düşük alkollerde veya alkol-su karışımlarında daha fazla çözünür. Benzen, kloroform ve petrol eteri içinde çözünmezler. Düşük alkollere ek olarak di CQA'lar etil asetat, butil asetat ve aseton içinde iyi çözülür (54).

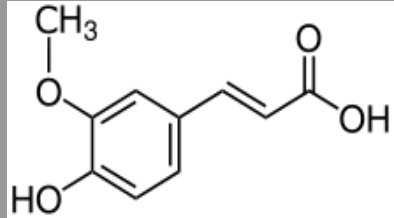
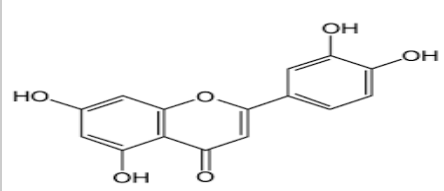
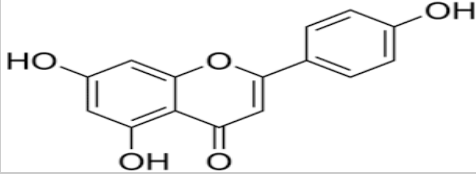
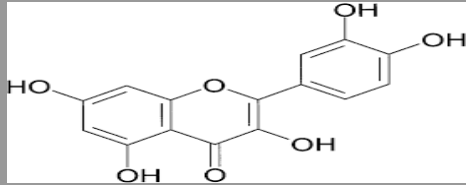
Enginarda bulunan sinarin, klorojenik asidin biyosentezinde ön ögedir. Genetik yapısı, biyotik ve abiyotik süreçler bitkilerde bulunan miktarında farklılıklara neden olur, geleneksel ve biyoteknoloji uygulamaları da biyoçeşitliliğe etki etmektedir (23).

Enginarda rapor edilen fenolik maddeler, kafeoilkuinik asit türevleri, klorojenik asit (5-O-kafeoilkuinik asit), 1,5-di-O-kafeoilkuinik asit, 3,5-di-O-kafeoilkuinik asit iken ana flavonoidler, flavones (luteolin ve apigenin), antosiyanidinler (siyanidin, pelphinidin ve peonidin) ve bunların glikozitleri ve rutinosid türevleridir Flavonlar yapraklarda ve enginar başında bulunur; ancak antosiyanin pigmentleri sadece bitkilerin başında tanımlanmıştır (11). Enginarda bulunan fenolik ve flavonoid bileşikler ve kimyasal yapıları Tablo 7'de gösterilmiştir (55).

Tablo 7. Enginarda bulunan fenoliklerin ve flavonoid bileşikler ve kimyasal yapıları (55)

Kafeol pozisyonu	Bileşik	Kimyasal yapı
Fenolik bileşikler		
R3	3-O-Kafeolkuinik asit	 Kinik asit
R5	5-O-Kafeolkuinik asit	
R1; R3	1,3-O-Dikafeolkuinik asit	 Kafeoil
R5	5-O-Kafeolkuinik asit	
	1,3-O- Dikafeolkuinik asit O-hexoside	

Tablo 7. Enginarda bulunan fenoliklerin ve flavonoid bileşikler ve kimyasal yapıları (devam)

Kafeol pozisyonu	Bileşik	Kimyasal yapı
R3-R4	3,4-O-Dikafeolkunmik asit	 Feruol
R1-R5	1,5-O- Dikafeolkunmik asit	
R3-R5	3,5-O-Dikafeolkunmik asit	
R4-R5	4,5-O-Dikafeolkunmik asit	
Flavonoid bileşikler		
Luteolin-7-O-rutinoside		 Luteolin
Luteolin-7-O-hexosite		
Luteolin-7-O-glucuronide		
Luteolin-C-hexoside		
Luteolin-Odiacetylhexoside		
Luteolin-O-acylated		 Apigenin
Apigenin 7-O- rutinoside		
Apigenin 7-O-hexosite		
Apigenin-7-O-glucuronide		 Kuersetin
Quercetin-7-O-rutinoside		
Quercetin-7-O-neohesperidosite		

2.4.2.2 Luteolin

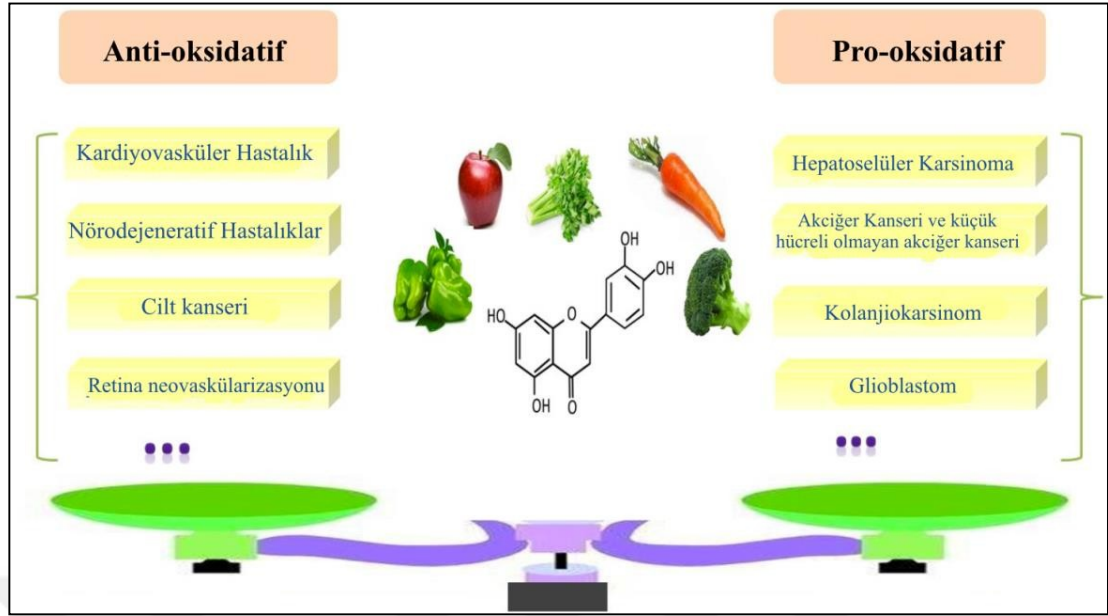
Luteolin (3, 4, 5, 7-tetrahidroksi flavone,) bitkilerin çoğunda en yaygın bulunan flavonlardan biridir. Havuç, lahana, enginar, çay, elma luteolinin zengin kaynaklarıdır. İçsel ve dışsal sinyalleme yolları yoluyla luteolin, antioksidan,

antitümör, anti-inflamatuar ve antiapoptotik, anti anjiyogenez ve anti metastatik aktivitelere sahip aktif bir bileşiktir (31, 56).

Flavon halkasında bulunan iki noktadan biri serbest radikallere hidrojen veya elektron sağlayarak nötralizasyonda işlev görür, diğeri de serbest radikallerin oluşumunda rol oynayan geçiş metalleri (bakır, demir) için bağlanma bölgesi oluşturur. Luteolinde hidroksile flavanoid olmasından dolayı güçlü antioksidan özelliktedir. Aynı zamanda luteolin prooksidan enzimleri inhibe edip, antioksidan enzimleri de aktive ederek antioksidan etkinlik gösterir (13).

Luteolinin antikanser özelliği; redoks düzenlemesi, DNA hasarı, kanser hücrelerinin çoğalmasını, metastazını ve anjiogenezini engelleyen protein kinazlar ile uyarılmış apoptoz ile ilişkilidir. Ayrıca, luteolin çeşitli kanser hücrelerini hücre sağ kalım yollarını baskılayarak ve apoptoz yollarını uyararak sitotoksositeye duyarlı hale getirir. Luteolinin önemli özelliklerinden biri kan beyin bariyerini geçebilmesidir, bu özelliği nedeniyle beyin kanserlerinde, santral sinir sistemi hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir (14).

Luteolin, günlük beslenmenin bir parçası olan ve nispeten düşük miktarlarda (1 mg/günden az) alınan bir flavonoiddir (57). Luteolin'in kimyasal yapısı ve çeşitli patolojik işlemlere karşı korunmada antioksidan ve prooksidatif özellikler arasındaki redoks dengesinin korunmasındaki rolü, ana diyet kaynakları Şekil 2'de gösterilmiştir (58).



Şekil 2. Luteolin kimyasal yapısı ve sağlık etkileri (55)

Karsinogenezde, luteolinin kinazların baskılanması, hücre döngüsünün düzenlenmesi, apoptotik hücre ölümünün indüksiyonu ve transkripsiyon faktörlerinin azaltılması dahil olmak üzere çok sayıda mekanizma yoluyla karsinogenezin (hücre transformasyonu, metastaz, istila ve anjiyogenez) ilerlemesini engellediği bilinmektedir. Apoptotik hücre ölümünün uyarılması, kanser hücrelerinin çoğalmasının baskılanması, DNA hasarını, redoksorgülasyonu luteolinin antikanser aktiviteleri ile ilişkilidir. Gastrik, prostat ve melanom içeren çok sayıda insan kanseri hücre hattında, luteolin, G1 fazı sırasında hücre döngüsünü yavaşlatmaktadır (59).

2.4.2.3 Apigenin

Apigenin kimyasal olarak 4', 5, 7, -trihidroksiflavon olarak bilinen, moleküler formülü $C_{15}H_{10}O_5$ ve moleküler ağırlığı 270.24 bazı glikozitlerin aglikonu olup bitkilerde doğal olarak oluşan flavon sınıfına ait doğal bir bileşiktir. Maydanoz, kereviz, soğan, portakal, papatya, mısır, pirinç, çay, buğday unu, bazı ot, vb. çeşitli bitkiler, apigenin ve türevlerinin en çok bulunduğu bitkilerdir. Anti-inflamatuar, antitümör, antigenotoksik, anti-alerjik, nöroprotektif, kardiyoprotektif ve antimikrobiyal etkiye sahiptir (29).

Apigeninin metal şelasyonunu desteklediği, serbest radikalleri temizlediği, hücre kültüründe ve in vivo tümör modellerinde faz II detoksifikasyon enzimlerini uyardığı gösterilmiştir. Apigenin, çeşitli hücre hatlarında ve hayvan modellerinde apoptozu indükleyerek kanserin önlenmesinde önemli bir rol oynar. Ayrıca flavonoidler lipid-peroksidasyonu, trombosit agregasyonunu, kılcal damar geçirgenliği ve kırılabilirliği, siklooksijenaz (COX) ve lipooksijenaz (LOX) enzim aktivitelerini inhibe ettiği bilinmektedir. Bu etkileri antioksidan olarak, serbest radikal temizleyiciler, iki değerlikli katyon şelatörleri olarak gösterirler (29).

2.4.2.4 İnülin

Olgunlaşmamış başlarının yanı sıra etli ve gelişmiş enginar kök sistemi bir inülin kaynağı olarak kullanılabilir. İnülin, kalın bağırsaktaki bifidobakteri ve laktik asit bakterilerinin aktivitesini artırarak, bağırsak alışkanlıkları üzerinde olumlu etkileri olan prebiyotik etkileri olduğu bilinen bir oligosakkarittir. İnülin ayrıca kalsiyumun'un emilimini artırır, lipid metabolizması üzerinde olumlu etkileri vardır ticari olarak temin edilebilen inülinler esas olarak hindiba, Kudüs enginarı ve yıldız çiçeğinden elde edilmektedir. Enginar inulini, yüksek performanslı hindiba inülinine benzer fiziko-kimyasal özellikler gösterir, ancak daha yüksek bir DP'ye sahiptir, bu da enginar inülini gıda endüstrisindeki uygulamalar için kullanılabilir kılar. Enginarın inülin verimi genotip, hasat zamanı, çevre koşulları ve ekstraksiyon işlemlerine bağlıdır. Genel olarak, inülin birikimi, uzun bir fotoperiyot gibi fotosentezin verimliliğini arttıran koşullar ile artmaktadır (44).

2.4.3 Enginarda bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri

Enginar dokularında en fazla bulunan fenolik bileşikler (toplam fenolik içeriğin yaklaşık %60-90'ı) sinnamoil türevleridir. 3,5-O- ve 1,5-O-dikaffeoilkinik asitler en bol bulunan bileşenlerdir. Tüm fenoliklerin β -karoten/linoleat tahlili ve metmiyogloblin tahlili kullanılarak değerlendirildiğinde, peroksil ve hidroksil radikallerine karşı iyi bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, en temsili enginar fenolikleri olan

luteolin, kaffeoilkuinik asitler ve hidrolizlenebilir tanenler, enginar özütlerinin antioksidan özelliklerinden sorumlu fenolik bileşenler olarak düşünülebilir (59).

Tüm bu bileşiklerin, in vitro çalışmalarda antioksidan özellikleri tespit edilmiştir. Enginar fenolikleri, ayrı ayrı veya sinerjistik bir şekilde, peroksil radikallerini ve bazı in vitro durumlarda hidroksil radikallerini temizleyebilen etkili antioksidanlardır (60).

Flavonoidler, üç karbon zincirle bağlanmış iki fenil halkasının moleküler bir çerçevesi ile karakterize edilir, bu da onları iyi elektron donörleri veya alıcıları yapar. Antioksidan kapasiteleri, bu çerçeveye, hidroksil gruplarının sayısına ve düzenine (öncelikle hidroksil grupları ile), metal iyonlarıyla şelat yapma yeteneklerine ve spesifik ortamlarına bağlıdır. Belirli bir maddenin antioksidan özellikleri karmaşıktır ve iki maddenin göreceli etkinlikleri farklı test deneylerinde değişebilir (57).

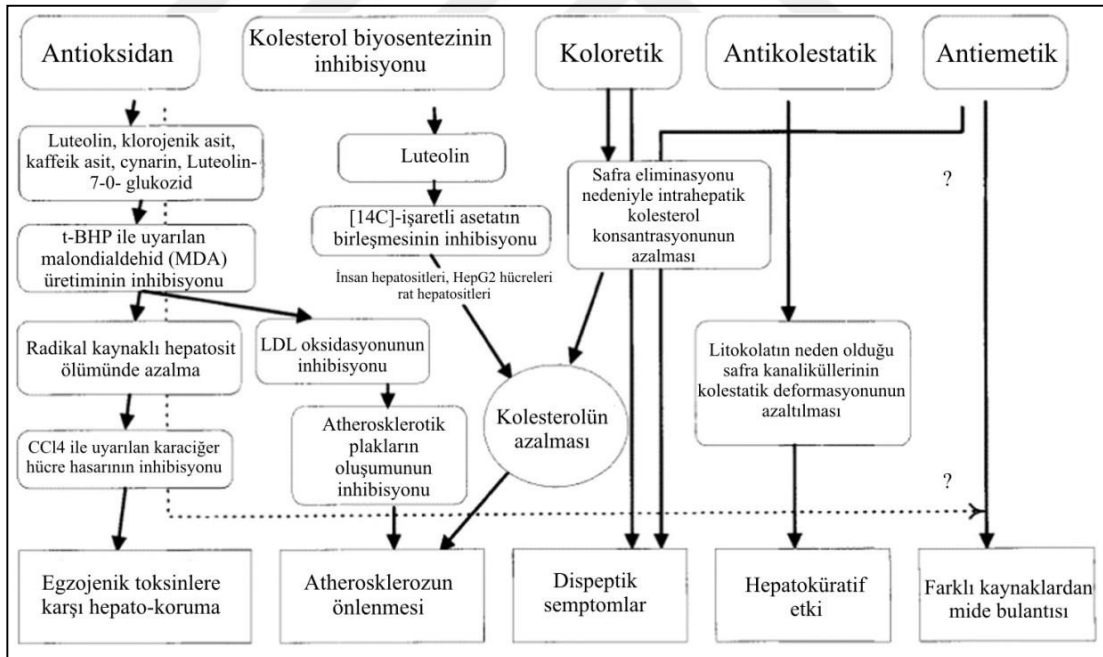
Flavon halkasında bulunan iki noktadan biri serbest radikallere hidrojen veya elektron sağlayarak nötralizasyonda işlev görür, diğeri de serbest radikallerin oluşumunda rol oynayan geçiş metalleri (bakır, demir) için bağlanma bölgesi oluşturur. Luteolinde hidroksile flavanoid olmasından dolayı güçlü antioksidan özelliktedir. Aynı zamanda luteolin prooksidan enzimleri inhibe edip, antioksidan enzimleri de aktive ederek antioksidan etkinlik gösterir (14).

Gouveia ve Castilho (2012), enginar liyofilize infüzyonunun süperoksit radikali, hidroksil radikali ve hipokloröz aside karşı antioksidan aktivitesi değerlendirdikleri çalışmalarında mono- ve di-izomerlerini içeren fenolik bileşikler kafeoilkuinik asit (CQA) ve flavonoid O-glikozitler (luteolin ve apigenin türevleri) bu bitkinin antioksidan aktivitesinden sorumlu ana bileşikler olarak tanımlanmıştır (55).

2.4.4 Enginarın sağlık üzerine etkileri

Enginar başı ve yaprakları güçlü antioksidan aktiviteye sahiptir. Enginar yaprağı özleri (ALE, Artichoke Leaf Extract) acı bir tatta olup tek başına veya diğer şifalı bitkilerle birlikte bitki çayları veya bitkisel tıbbi ürünler hazırlamak için geleneksel tıpta yaygın kullanılan bir bitkisel ilaçtır. *C. Scolymus L.* başları ve yaprakları sinarin ve klorojenik asit olmak üzere iki önemli antioksidan bileşiğe sahiptir. Toplam polifenol içeriği, ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişkenlik gösterir (11).

Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği'ne göre enginarda 5-O-caffeoylquinic asit (klorojenik asit) (%39), 1,5-O dicaffeoylquinic asit (%21) ve 3,4-O-dikaffeoylquinic asit (%11) oranında bulunmaktadır. Tıbbi çalışmalarda genel olarak sinarin içeriği yüksek olan ALE kullanılmaktadır. Şekil 3'te ALE nin genel sağlık etkileri ve mekanizması verilmiştir.



Şekil 3. ALE'nin sağlık etkilerinin mekanizması (3)

ALE'nin fito bileşenlerinin in vitro ve hayvan modellerinde potansiyel anti-inflamatuar rolünü değerlendirmek için yapılan çalışmalarda Apigenin-7-glukozitin, özellikle lipoksijenazlar ve siklooksijenazlar dahil olmak üzere inflamasyonda yer alan birçok enzim salınımını bloke ettiği, proinflamatuvar moleküllerin NFkB aktivasyonunun inhibe edilmesine yol açtığı ve dokularda nötrofil infiltrasyonunu inhibe ettiği saptanmıştır (3).

ALE'nin kolesterol sentezi üzerindeki inhibe edici etkisinde luteolin önemli bir role sahiptir. Bu etki kolesterol biyosentezinin temel enzimi olan 3-hidroksi-3-metil-glutaril-KoA reduktaz düzeyinin azaltılması ile ilişkilidir (60).

İn vitro ve laboratuvar hayvan çalışma verileri, enginar ekstraktının vazodilatör aktiviteye sahip olabileceğini ve endotel nitrik oksit sentaz (eNOS) geninin düzenlenmesi üzerindeki etkisiyle kardiyo koruma aktiviteleri sağlayabileceğini göstermiştir. ALE ile yapılan tedavide, e NOS geninin aktivitesini ve ekspresyonunun ve nitrik oksit üretiminin arttığı gözlemlenmiştir. Enginar özü, endotel fonksiyonu üzerindeki genel olumlu etkisi ile ek bir kardiyovasküler koruma sağlayabilir. Anti-ateroskleroz etkisinin düşük lipoprotein yoğunluklu (LDL) oksidasyonu ve kolesterol sentezinin inhibisyonunu azaltan bir antioksidan etki mekanizmasının ürünü olduğu düşünülmektedir (61).

Flavonoidler birkaç mekanizma yoluyla LDL oksidasyonunu inhibe etme potansiyeline sahip fitokimyasalların heterojen bir grubudur. Bu yollar indirgeyici bir ajan olarak serbest radikalleri süpürme, metal iyonlarını şelatlama, LDL partiküllerinde karoteneidlerin ve E vitaminin tutulması serum paraoksonase aktivitenin lehine antagonist etki olarak sıralanabilir. Luteolin LDL oksidasyonunu engeller, okside LDL ve α tümör nekrosis faktör (α TNF) endotel hücrelerini uyarak oksidatif stresi azaltıcı etki göstermektedir (62).

Enginarda bulunan ve lipid düşürücü özelliklerine katkıda bulunabilecek diğer bileşikler arasında fitosteroller yer alır. Beta-sitosterol ve stigmasterol, enginarda bulunan ve bağırsaktan kan dolaşımına kolesterol emilimini azaltan ana

fitosterollerdir. Beta-sitosterol ve stigmasterol, enginar tohumu yağı fitosterol bileşiminin sırasıyla %45,6 ve %16,2'sine karşılık gelir. LDL ve kolesterol konsantrasyonlarını azaltmak için en az 2-3 g/gün izole fitosterol gereklidir. Pişirilmiş 100 gr enginar kalbinin yenilmesi ile 1-2 gram fitosterol alınabilmektedir (63).

Enginar, çözülebilir lif için zengin bir besin kaynağı olarak kabul edilir. Çözünür lifin 3g/gün tüketilmesinin LDL seviyelerinin düşürülmesine katkıda bulunduğu bilinmektedir. 100g'lık bir enginar kalbi, bu miktarı sağlamak için yeterlidir (63).

Metabolik sendrom (Mets) kardiyovasküler hastalıklar ve tip 2 diabetes gelişimi ve ilerlemesini arttıran önemli bir halk sağlığı sorunudur. Mets ve onun bileşenleri hiperglisemi, hipertansiyon, dislipidemi ve abdominal obezite ile oksidatif stres arasında güçlü bir ilişki vardır. Enginar yüksek oranda polifenol, lif ve düşük miktarda yağ içerir. Polisakkaritler, sellüloz, hemisellüloz, pektin, gum, musilaj ve lignin hipoglisemik etkiye sahiptir. Enginardaki cynaropicrin ve sequiterpene laktonları hipoglisemik ve hipolipidemik aktivite gösterir (64). Diyet polifenollerinin, insülinin akut sekresyonunu iyileştiren postprandiyal glisemik tepkileri zayıflatarak glukoz emilimini ve karbonhidrat metabolizmasını etkilediği kanıtlanmıştır (65).

Enginardaki diyet posası ve polifenoller, metabolik faydaları ile ilişkilidir. Acı bir tada sahip bu bileşikler gastrointestinal sistem (GIS) boyunca yerleşerek acı tat reseptörlerinin aktivasyonu, iştah kontrolü, glukoz homeostazı ve GIS hareketleri arkasındaki nörohormonal tepkiyi modüle eder (66).

Metabolik sendromlu 80 hasta üzerinde yapılan çift kör, randomize kontrollü çalışmada, enginar yaprağı ekstresinin (1800 mg/gün) takviyesinin 12 hafta sonra plaseboya kıyasla anlamlı derecede okside LDL seviyesini azalırken, MDA, SOD, GPx ve toplam antioksidan kapasite düzeyleri açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (67).

Enginarın antioksidan aktivitesini değerlendirmek ve sağlık veya hastalıkta enginarın ve ekstraktının etkin dozu, süresi ve tipini (kafa veya yaprak) açıklığa kavuşturmak için daha fazla çift kör plasebo kontrollü randomize klinik çalışma gereklidir (68).

Valerio ve ark. (2006), enginarların potansiyel olarak probiyotik suşların hayatta kalması için iyi bir substrat olup olmadığını ve bağırsakta canlı bakteriyel hücrelerin taşınması ve serbest bakteri hücrelerinin salınması için bir taşıyıcı olarak davranıp davranamayacaklarını tespit etmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada Enginarın simüle edilmiş mide ve bağırsak sindiriminde bakteri suşlarını koruduğu gösterilmiştir (69).

Enginardaki inulin miktarı kuru maddede %18,9 ve %53,6 arasındadır, morfolojik farklılıklar bitkideki inülin miktarını etkiler. Oligofruktoz, terminal olarak bir glikoz kısmı ile bağlanmış 2 ila 8 molekül fruktoz birimi tarafından yapılır. İnülin veya oligofruktozun -2,1-osidik bağlarının varlığı, prebiyotiklerin memeli enzimleri tarafından sindirilememesini sağlar (70).

Fruktanlar sindirim enzimlerinden etkilenmez. Oral alımdan sonra inülin kolona ulaşır ve sakkarolitik bakteriler olan Bacillus, Clostridium, Aeromonas, Pseudomonas ve Enterobacter türleri tarafından fermentasyona uğrar. Diyetteki fruktanlar bifidobakteri ve onun baskın türlerinin gelişimini uyarır. Sonuç olarak kolonda kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) artar, tümör ajanlarının konsantrasyonu azalır, laktik asit ve bifidobakteri sayısının artması ile prebiyotik etki, kalsiyum emilimi ve lipid metabolizması üzerine pozitif etki oluşur (40).

Enginardan elde edilen çok uzun zincirli inulinin (VLICI) polimerizasyonu ortalama 50 ile 103 arasındadır. İnülinin konakta indüklediği çoğu fizyolojik değişiklik, bakteriyel metabolitler ile ilişkilidir. En önemli metabolitler, KZYA, asetat, propiyonat ve butirattır. KZYA, kolonik ortamı asitleştirir; bifidobakteriler ve laktobasiller gibi bazı bakteriler için faydalıdır ve potansiyel patojenlerin

büyümesine zarar verir VLCI 'nin prebiyotik etkinliği hem bifidobakteriler hem de laktobasillerin seviyelerinde göstermiştir (71).

Potansiyel kanserojen oluşumunda rol oynayan b-glukuronidaz ve b-glukozidaz da dahil olmak üzere kolondaki fekal enzimatik aktivitenin azalması probiyotiklerin düzenli tüketimi ile bağlantılıdır. Çalışmalar günlük 20 g ve 40 g inulin alımı sonrası Bifidobakterilerde bir artış ve Enterokoklarda bir düşüş olduğunu belirtmektedir (69).

2.5 Gıdalarda Antioksidan Ölçüm Yöntemleri

Antioksidanlar, canlı organizmada, oksidatif zarara yol açan substratın oksidasyonunu önemli ölçüde geciktirir veya durdurur, biyolojik sistemlerde doğal olarak oluşan moleküllerin antioksidan aktivite etkisini araştıran çalışmalar artmaktadır (72).

Antioksidan aktivite ve antioksidan kapasite terimleri genellikle birbiri yerine kullanılmakla birlikte farklı anlamlara sahiptirler. Aktivite, spesifik bir antioksidan ve oksidan arasındaki reaksiyonun hız sabitini gösterirken, kapasite bir numune tarafından süpürülen belirli bir serbest radikalın miktarının ölçüsüdür. Antioksidan kapasite ölçümleri, örneğin toplam süpürme kabiliyetini belirleyen, heterojen bir antioksidan karışımın miktarını verir ancak her bir bileşenin antioksidan kapasitesini ölçmez (73).

Antioksidan aktivite spesifik reaksiyon koşullarındaki basınç, sıcaklık, reaksiyon ortamı gibi etkenlere bağlıdır. Bu nedenle antioksidan aktivite reaksiyon koşullarındaki ölçümü yansıtır. Bir bileşenin antioksidan aktivitesi oksidatif degradasyonu (örneğin; lipid peroksidasyonunu) önleme kabiliyeti olarak tanımlanır. Antioksidan aktivitesi ölçümleri için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Reaktan olarak kullanılan serbest radikalın özelliğine bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Antioksidan aktivitesi analizleri için literatürde mevcut çalışmalara

bakıldığında kullanılan radikal kaynağına, reaksiyon mekanizmasına gibi özelliklere göre çeşitli gruplandırmalar görülmektedir (74).

Antioksidanların kimyasal aktivitelerinin (hidrojen veya elektron) indirgeme potansiyelleri onların serbest radikal giderici olarak göstermiş oldukları potansiyel ile ifade edilmektedir. Antioksidanın aktivite radikal süpürme yeteneği, indirgeme potansiyeline bağlı olan hidrojen veya elektronun donör olarak göstermiş olduğu reaktivite, metal şelatlama potansiyeli ve diğer antioksidanlarla olan iletişim şekline bağlıdır. Antioksidanlar birincil veya zincir kırıcı antioksidanlar ve ikincil yada önleyici antioksidanlar olarak sınıflanabilir (75).

Birincil antioksidanlar, peroksil radikalleri ile reaksiyona girip bunların doymamış lipit molekülleri ile etkileşimini durdurarak daha kararlı ürünlere dönüşmesini sağlar. İkincil antioksidanlar ise çeşitli mekanizmalar ile zincir başlatıcı reaksiyonları geciktirir. Lipit otooksidasyon oranını azaltan ikincil antioksidanların etkisi metal iyonlarını bağlama, oksijen yakalama, UV absorblama ve $1O_2$ inaktif hale getirme şeklindedir. Etkili olabilmeleri için, genellikle metal iyonları, indirgenme ajanları, tokoferoller, veya diğer fenolikler gibi ikincil bir komponentin varlığına ihtiyaç duyarlar. İkincil oksidanlar antioksidan sinerjistleridir. Bu antioksidanların sinerjistik etkileri ortamda bulunan diğer birincil antioksidanlara bağlıdır. Ortamda primer antioksidanlar bulunmadığı durumda antioksidan aktiviteleri çok düşüktür veya antioksidan aktivite göstermezler. Örneğin askorbik asit, ortamda fenolik bileşiklerin bulunması ile sinerjistik etki gösterir (76).

Antioksidanların antioksidan aktivitesi fiziksel faktörler, substrat faktörleri, gıda maddesinin fizikokimyasal durumu gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Fiziksel faktörler; oksijen, sıcaklık ve konsantrasyondur. Yüksek oksijen basıncı, oksijenle temas yüzeyinin genişliği, ısıtma ve ışınlama gibi durumlar zincir reaksiyonunun başlama ve ilerleme basamaklarını hızlandırdığından antioksidan aktivite azalmaktadır. Farklı sıcaklıklarda antioksidan aktivite değişiklik gösterir. Antioksidan aktivitesi konsantrasyonun yükselmesi ile artar. Oksidasyonun yeterli

bir derecede engellenebilmesi için konsantrasyon belli bir kritik değerin üzerinde olmalıdır (76).

Antioksidan aktivitesi analizleri için literatürde mevcut çalışmalara bakıldığında kullanılan radikal kaynağına, reaksiyon mekanizmasına vb. özelliklere göre çeşitli gruplandırmalar görülmektedir. Başlıca antioksidan aktivitesi analizleri, kimyasal reaksiyon mekanizmasına göre kabaca iki kategoriye ayrılabilir.

- 1) Hidrojen Atom Transferine Dayanan Metot (HAT): Antioksidan kapasitesi , Serbest radikallerin antioksidan maddenin hidrojeni ile etkisiz hale gelmesinin ölçülmesi ile tayin edilir.
- 2) Spektrofotometrik Elektron Transferine Dayanan Metot (SET): Potansiyel antioksidanların elektron transfer etmesi ile metal, karbonil ve radikal içeren bileşiklerin indirgenmesine dayanan metottur (77).

Farklı antioksidanlar ve oksidanlar arasındaki reaksiyonlar farklı hız sabitlerine sahiptir ve bu yüzden örneğin antioksidan kapasitesi farklı oksidanlarla değişir. Ölçümde kullanılan analitik metotlar ve analizin olduğu koşullar da aynı gıda türü için farklı sonuçlara neden olabilir (27). SET'e dayanan metotlar; bir reaksiyon karışımında antioksidan ve oksidan olmak üzere iki bileşen içerir. Oksidan, antioksidandan bir elektron alır ve bu oksidanda renk değişimine neden olur. Renk değişiminin derecesi, antioksidan derişimiyle orantılıdır. Tablo 8'de bitkisel ürünlerde sıklıkla kullanılan antioksidan aktivite ölçüm yöntemleri verilmiştir (27).

Tablo 8. Meyve ve sebzelerin antioksidan aktivitesini ölçmek için kullanılan testler (28)

Testler	Test Türleri
Hidrojen atomu transferi reaksiyonlar içeren testler $ROO' + AH \rightarrow ROOH + A'$ $ROO' + LH \rightarrow ROOH + L'$	1. ORAC (oksijen radikali absorbans kapasitesi) 2. TRAP (tamamen radikal tutucu antioksidan) 3. Krosin ağartma deneyi 4. IOU (inhibisyon oksijen alımı) 5. Linoleik oksidasyonun inhibisyonu 6. LDL oksidasyonunun inhibisyonu
Elektron transfer reaksiyonunu içeren testler $M (n) + e- (AH'den) \rightarrow AH' + Mn^{(n-1)}$	1. TEAC (Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi) 2. FRAP (Antioksidan Gücünü Azaltan Demir) 3. DPPH (2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil) 4. Bakır (II) indirgeme kapasitesi 5. Folin-Ciocalteu reaktifleri ile toplam fenol testi
Diğer testler	1. TOSC (toplam oksidan temizleme kapasitesi) 2. Briggs-Rauscher salınım reaksiyonunun inhibisyonu 3. Kemilüminesans 4. Elektrokemilüminesans

LH: substrat; AH: antioksidan; A : antioksidan radikal; ROO : peroksil radikali; M: kararlı radikal; e: elektron

Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde ölçümlerinden önce analiz edilecek bitki dokularından fenolik bileşiklerin ekstrakte edilmesi gereklidir. Bitkilerin toplam fenolik madde içerikleri ile antioksidan aktiviteleri arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Bununla birlikte, birçok fenolik bileşik bozulmaya maruz kalır veya istenmeyen oksidasyona uğrar. Ekstraktlardaki fenolik verim bu nedenle önemli ölçüde azalır. Yüksek işlem sıcaklıklarından kaçınılmalıdır. Geleneksel ekstraksiyon tipik olarak 20-50°C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilir. 70°C'yi geçen sıcaklıklar ve uzun ekstraksiyon süreleri antioksidanların bozulmasına neden olmaktadır (38).

Fenolikler taze, dondurulmuş veya kurutulmuş bitki örneklerinden ekstrakte edilebilir. Ekstraksiyondan önce, malzeme öğütme, öğütme, kurutma ve homojenleştirme ile ön işleme tabi tutulur. Kurutma prosedürünün seçimi toplam

fenolik içeriği etkiler. Dondurarak kurutma, bitki örneklerinde havada kurutmaya göre daha yüksek fenolik içerik seviyelerini korumaktadır (78).

2.5.1 Isıl işlemlerin gıdalarda antioksidan moleküller üzerine etkisi

Piştirme yöntemleri ısı kaynakları ve gıdanın bileşenlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Piştirme yöntemleri genel olarak sulu ısıda ve kuru ısıda olmak üzere iki başlık altında değerlendirilebilir (78).

Hidrotermal işlem olarak kullanılan en yaygın piştirme yöntemi olan haşlama işlemi, gıdaların fizikokimyasal özelliklerini etkileyen ısı enerjisini içerir. Fenolik bileşikler hücre duvarı matriksini zayıflatan, bağlı fenoliklerin serbest bırakılmasını kolaylaştıran ve yapılarında kimyasal değişikliklere neden olan hidrotermal işlemde büyük ölçüde etkilenir. Gıdalara uygulanan hidrotermal işlemler üzerine yapılan birçok çalışmanın sonuçları çelişkilidir (78).

Haşlamanın serbest ve bağlı fenoliklerin değişimleri üzerindeki etkisi gallik, protokateşik, klorojenik, p-hidroksibenzoik, kafeik, siringik, p-kumarik ve ferulik asitler olmak üzere sekiz fenolik bileşiğin içeriğinin azalması ile ilişkilidir. Hidrotermal işlem, protein gibi diğer bileşiklerle kimyasal reaksiyona girmesi ve ekstraksiyon işleminde hidrolize olmayan tersinmez kovalent bağ oluşturmaları nedeniyle hem bağlı hem de çözünür fenolikleri azaltır (79).

Gıdaların yapısal bütünlüğünün korunması, oksidatif değişikliklerin oluşmasını önlemeye yardımcı olur. Bütün gıda formunda, bu oksijene duyarlı bileşenlerin oksijenle teması azalır. Meyve ve sebzelerde hasat, hazırlama ve işleme sırasında birçok değişiklik meydana gelir ve bu değişikliklerin çoğu, bitkilerin antioksidan kapasitelerini olumsuz olarak etkiler (2).

Çoğu durumda, ısıtma fenolik bileşiklerin azalmasına neden olur, ancak bazen fenoliklerin konsantrasyonu taze bitki materyaline göre artabilir. Piştirme sırasındaki fenolik miktarının azalması aynı zamanda su ve sebze arasındaki orana, piştirme

süresine ve yüzey büyüklüğüne bağlıdır (80). Meyve ve sebzelerin antioksidan potansiyeli, gıda işleme (hasat, hazırlama ve işleme) sırasında meydana gelen değişikliklerden etkilenebilir, işleme ve depolama sırasında antioksidan aktivite kaybı ve sorumlu bileşenlerin kaybı üzerine çalışmalar mevcuttur (78).

Antioksidan aktivitesi yüksek bileşenlerin çoğunun, kaynar suda yüksek çözünürlüğe sahip olması nedeniyle haşlama sırasında su ile temas eden sebzelerin geniş yüzey alanlarından dolayı antioksidan aktivite kaybına neden olabilir. Sebzelerin çoğunda serbest radikal temizleme aktivitesi, uzun haşlama süreleri ile azalmıştır. Aşırı antioksidan aktivite kaybını önlemek ve ayrıca bitkisel bileşenlerin proksidan aktivitesini azaltmak için, pişirme uygulamalarında, örneğin 98°C'de 5 dakikadan fazla blanchig yapılmaması önerilmektedir (79).

Isıl işlemler, esas olarak pektik maddelerin β -eliminasyon reaksiyonu ile sertliğini azaltır. Pektik malzemelerin depolimerizasyonuna ve çözünmesine ek olarak fitokimyasal bileşikler pişirme işlemleri sırasında bozunabilir veya pişirme suyuna geçebilir (81).

Farklı pişirme prosedürlerine bakıldığında, buharda pişirmenin diğer pişirme yöntemlerine göre fenollerin ve glukozinolatların daha iyi korunmasını/özütlenmesini sağlayacağı sonucuna varılabilir: bu yöntemde bitki dokuları su veya yağ ile doğrudan temas halinde değildir, bu nedenle çözünür bileşiklerin suya-yığa sızması ve termal bozunma sınırlıdır (82, 83). Gıdanın yapısı ve bileşimi, uygulanan ısıl işlemin türü ve sıcaklık derecesi fenolik bileşenlerin miktarında artışa neden olabilmektedir (84).

Pişirme işlemleri sebzelerde su kaybı, toplam yağ içeriğinin değişmesi, ısıya dayanıksız bileşiklerin bozunması ve ısı ile yeni kimyasal bileşiklerin oluşumuna yağda kızartılan sebzelerde yağ miktarı ve yağ asitlerinin bileşiminin değişimine neden olur. Fenolik bileşikler ısıl işlem sonucu bozunabilir, bu pişirme metoduna, zamana, sıcaklık derecesine ve sebzenin cinsine göre değişir. Isıl işlemler sonucu

karbonhidratların bozunması, şekerlerin prolizi, askorbik asit ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu, furan gelişimi gibi kimyasal değişiklikler oluşur (44).

Sıcaklık kontrolü, oksijen içeriğinin en aza indirilmesi, ışıktan korunması, nem içeriğinin azaltılması antioksidanların maksimum etkin kontrolünü sağlamaya yardımcı olabilecek diğer fiziksel prosedürleri oluşturur. Polifenol oksidazların etkisizleştirilmesi gıdanın antioksidan durumunun korunmasına yardımcı olabileceği bir örnektir (85).

Meyve ve sebzelerin kimyasal yapılarını stabilize etmek için dört farklı yöntem kullanılabilir;

- 1) Tokoferoller gibi serbest radikal zincir kırıcılar,
- 2) Askorbik asit gibi indirgeyici ajanlar ve oksijen temizleyiciler,
- 3) Sitrik asit gibi şelatlayıcı ajanlar,
- 4) Karotenoidler gibi diğer "ikincil" antioksidanlar (73).

Temel amaç uygun doku, arzu edilen görünüm ve görünümde tutma, uygun antioksidan durumunun korunması ile iyi bir şekilde ilişkilidir (2). Bazı sebzelerde pişirme işleminden sonra TAA'de artış için dört olasılık önerilmektedir;

- 1) Hücre duvarlarının ve hücre içi bölmelerin termal tahribatından dolayı yüksek miktarda antioksidan bileşenlerin serbest kalması
- 2) Termal kimyasal reaksiyonla daha güçlü radikal süpürücü antioksidanların üretimi,
- 3) Oksidatif enzimlerin termal inaktivasyonu ile antioksidanların oksidasyon kapasitesinin baskılanması,
- 4) Yeni besleyici olmayan antioksidanların üretimi veya antioksidan aktiviteye sahip Maillard reaksiyon ürünleri gibi yeni bileşiklerin oluşumu.

Ancak, her olası faktörün aktivitedeki artışa ne ölçüde katkıda bulunduğu açık değildir (86).

Literatürde sebzeleri hazırlamanın ve biyoaktif bileşenlerini korumanın en iyi yolu ile ilgili fikir birliği yoktur. Isıl işlemin etkisinin, pişirme tekniği, ısıtma derecesi, pişirme ortamına sızması, ekstraksiyon için kullanılan çözücü ve pH ve su ve oksijene maruz kalan yüzey alanı gibi çeşitli faktörlere bağlı olması olasıdır, her bir gıda matrisi, termal olarak kararsız olan ya da daha az farklı bileşikler içerir. Sonuç olarak, aynı pişirme tekniği sebzeyle ilgili olarak farklı etkilere neden olabilir (86). Murrador ve ark. (2018) tarafından sebze ve meyvelerdeki ev pişirme tekniklerinin (özellikle haşlama, kızartma, mikrodalgada pişirme ve buharda pişirme) polifenol bileşikleri ve antioksidan aktivite düzeyleri üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmaları belirlemek için yapılan literatür taraması sonuçlarına göre genellikle su içeren pişirme tekniklerinin fenolik bileşiklerin kaybına neden olduğu polifenol içeriğinin, haşlama tekniğinden sonra belirgin biçimde azaldığını ve buharda pişirme yönteminde arttığı bildirilmiştir (87).

Beslenme bakış açısına göre, buharda pişirme tekniğinin pişmiş bir sebzede antioksidan aktivite seviyelerini arttırmada en iyi öneri olduğu kabul edilebilir. Bu teknikte, nemli ısıda pişirme tekniği olmasına rağmen, suda çözünen bileşikler kaybedilmez, çünkü sebze suyla temas etmez, ayrıca teknik yağ eklenmesini içermez. Buharda pişirme tekniği, antioksidan güce sahip sebzeleri hazırlamak için en iyi pişirme tekniği olarak gösterilmektedir (87).

3 GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Materyallerinin Temini

Bu çalışmada ülkemizin çoğunlukla Marmara ve Ege bölgesinde yetişen Asteraceae (papatyagiller) familyasına bağlı *Cynara* cinsinin; *Cynara scolymus* türü analiz edilmiştir. Çalışma materyali olarak kullanılacak olan Enginarlar (*C. Scolymus L.*), İstanbul Bahçelievler Metro marketten temin edilmiştir. Bursa bölgesinde iyi tarım, iyi üretim uygulamaları çerçevesinde Alkan Tarımcılık tarafından yetiştirilen enginarlar hasattan bir gün sonra soğuk zincir korunarak soğuk hava tertibatlı araçlar ile 7-10 °C’de Metro Markete ulaştırılmıştır. Sebze soğuk hava deposunda 10 °C’de korunan enginarlardan benzer büyüklük ve boyda olan 20 adet enginar seçilmiştir. Enginarlar alındıktan sonra yarım saat içinde soğutucu ekipman aracılığıyla pişirme uygulamalarının yapılacağı laboratuvara getirilmiştir.

3.2 Çalışma Materyallerinin Hazırlanması

Laboratuvarının ortam sıcaklığı 18 °C olarak ayarlanmıştır. Yabani ot vb. ayıklama işlemi yapıldıktan sonra 20 adet enginarın bütün halinde boy, ağırlık ve çap ölçüsü alınmıştır. Tüm enginarlar distile su ile yıkanmıştır. Paslanmaz çelik süzgecin içine yerleştirilmiş tek kullanımlık kâğıt havlular üzerine konularak kurumaları sağlanmıştır.

Enginarların en dış sırada bulunan dış brakte ve sap kısmında bulunan yapraklar el ile gövdeden ayıklanmıştır ve bu bölümler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Enginarın sap kısmı, çanak/kalp kısmının 1 cm altından bıçakla koparılmış, dış sellüloz kısım el ile soyularak ortadaki yumuşak kısım çıkarılmıştır. Kalp/çanak kısmının üstünde yapışık halde bulunan ipliksi kısımlar el ve tahta kaşık yardımı ile kalp kısmının üzerinden uzaklaştırılmıştır.

Homojen bir çalışma materyali elde etmek için tüm parçalar ayrı ayrı cam kaplarda karıştırılmıştır. Pişirme işlemlerine kadar üzeri kapatılarak buzdolabında bekletilmiştir.

Enginarın yenilebilir kısımlarından olan iç brakte, çanak/kalp, sap kısmına 4 farklı pişirme yöntemi; haşlama, buharda pişirme, basınçta pişirme, mikrodalgada pişirme yöntemi uygulanmıştır. Tüm bölümler pişirme işleminden önce paslanmaz bıçak yardımı ile eşit büyüklükte 2-3 mm'lik parçalara bölünmüştür. Yenilebilir bölümlerde tüm pişirme işlemleri 4 kez yapılmış, üçü kimyasal analiz, biri kimyasal analiz ön deneme çalışmaları için ayrılmıştır.

3.2.1 Pişirme ve depolama ekipmanları

Çalışma kapsamında kullanılan pişirme ve depolama ekipmanlarının adları ve özellikleri aşağıda listelenmiştir;

- Buharlı pişirici: Tefal Model Seri R23, 220-240 V-50-60Hz-750 W. Sebze pişirme ayarı kullanılmıştır.
- Mikrodalga fırın: Arçelik MD6475 230-240 V-50 Hz, giriş 1200 Watt, çıkış/700 W, çalışma frekansı 2450 W
- Basınçlı pişirici: Korkmaz marka, ev tipi düdüklü tencere, indüksiyonlu 20 cm çapında, 3 lt kapasite, 18/10 Cr-Ni
- Ocak: Arçelik indüksiyonlu ocak
- Çelik tencere: Korkmaz marka, indüksiyon tabanlı 16 cm çapında 1.5 lt hacimde
- Blender: Korkmaz Marka, A457-01, 1300 W
- Gıda tartısı: Neck tartı 5 kg/d. 1 g
- Gıda Vakum Cihazı: Lavion ev tipi gıda vakum makinası, güç 175 W, vakum gücü 0.6 mbar
- Gıda vakum poşetleri: farklı ebatlarda dış kısmı naylon, iç kısmı polietilen kabarcıklı plastik poşetler
- Buzdolabı: Arçelik 2388 CMS

3.2.2 Pişirme yöntemleri

Enginarın yenilebilir kısımlarına (sap içi, iç brakte, kalp) 4 farklı pişirme yöntemi; haşlama, buharda pişirme, mikrodalgada pişirme, basınçta pişirme uygulanmıştır. Pişirme koşulları, her bir yöntem için gerçekleştirilen ön deneylerle optimize edilmiştir. Tüm pişirme yöntemlerinde sıcak distile su kullanılmıştır. Tüm pişirme işlemleri için yeme alışkanlıklarına uygun lezzet ve tüketilebilirlik için minimum pişirme süresi belirlenmiştir.

Pişirme yöntemlerine göre pişirme süreleri;

- **Haşlayarak pişirme:** Sebze materyali paslanmaz çelik tencerede kaynayan distile suda (sebze/su, 1: 5), 10-15 dk pişirildi.
- **Buharda pişirme:** Çalışma materyali, buharlı pişiricinin süzgecinin merkez kısmına yerleştirilmiş ve sebze pişirme ayarında 15-20 dk pişirilmiştir.
- **Basınçla pişirme:** Sebze su oranı 1:5 olacak şekilde düdüklü tencereye distile sıcak su ve sebzeler konulmuştur. Pişirme süresi (4-5 dk) buhar çıkışından sonraki süre olarak ölçülmüştür.
- **Mikrodalgada pişirme:** Sebze su oranı 1:5 olacak şekilde mikrodalgada kullanıma uygun cam, plastik kapaklı bir ekipmanın içine sıcak su ve sebzeler konulmuş, 2. frekansta 3-4 dk pişirilmiştir.

Pişme suyu/katı madde miktarının 4-5 katı olacak şekilde ayarlanmıştır. Buharda pişirmede su miktarında 150 ml artış yapılmıştır.

Tüm pişirme işlemleri sonunda, pişmiş sebzeler 30 saniye süresinde içine tek kullanımlık kâğıt havlu yerleştirilmiş çelik süzgece (buz banyosu içinde) çıkarılmış, soğutulmuş, el tipi blender ile ezilmesi/homojen hale gelmesi sağlanmıştır. Polietilen plastik poşetlere vakumlanmış, etiketlenmiş, alüminyum folyo ile sarılarak -18 °C’de kimyasal analizler uygulanana kadar depolanmıştır.

3.3 Kimyasal Analizler

Toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite ve kuru madde analizleri İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Metalürji Fakültesi Kimya Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.3.1 Kuru madde tayini

Enginar bitkisinin farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme sonrası kuru madde analizleri, belirli ağırlıkta kontrollü şartlarda kurutulması ilkesine dayanan AOAC yöntemine göre yapılmıştır (6).

3.3.1.1 Kuru madde tayininde kullanılan ekipmanlar

Kuru madde tayininde kullanılan ekipmanların adları ve özellikleri aşağıda listelenmiştir;

- Nüve EV 018 Vakumlu Etüv Fırın: S/N:06.1136 Hacim 15 lt, max sıcaklık 200 derece, 230 V, 950 W, 50/60 Hz
- Analitik Terazî: RADWAG Max 200 g d=0.01 WTC 200 Baykon Hassas Terazî
- Alüminyum kurutma kapları
- Desikatör-nem tutucu

3.3.1.2 Kuru madde tayini işlem basamakları

Enginarın tüm bölümlerinin çiğ/pişmiş halleri için kuru madde tayini yapılmıştır. Alüminyum kurutma kapları etüvde 105 °C'de 2-3 dk tutulmuş, desikatöre alınmış ve soğutulmuştur. Isıtma öncesi ve sonrası kurutma kabının ağırlık ölçümü yapılmıştır.

Çalışma materyali olarak alınan 5-10 g enginar, homojen hale getirmek için porselen havanda ezilmiştir ve kurutma kaplarına konularak etüve yerleştirilmiştir.

Çalışma materyali, önceden ısıtılmış vakumlu etüvde 70 °C’de 25 mmHg basınçta bir saat tutulmuş, desikatöre alınmış, 5 dk sonra soğuyunca desikatörden alınmıştır. Öncesi ve sonrasında tartım yapılarak kaydedilmiştir. İki tartım arasındaki fark 0.05 g olana kadar işleme devam edilmiştir. İşlem paralel olarak üç kez tekrarlanmış ve paraleller arasındaki farkın 0.1 mg’ı geçmemesine dikkat edilmiştir.

Sabit ağırlık kurumanın sonuna doğru 1 saat ara ile yapılan iki tartım arasındaki farkın 0.05 mg veya altına düşmesiyle sonlandırılmıştır.

Antioksidan aktivite ölçümü: Antioksidan aktivitesi hesaplamada sıklıkla tercih edilen bir yöntem olan ABTS metoduyla antioksidan aktivitesi yöntemi, ABTS (2,2’-Azinobis-3- etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit)’nin potasyum persülfatla reaksiyonu sonucu oluşan mavi/yeşil renkli ABTS+’nin Troloks eşitliğine dayanarak hesaplanmasına dayanır. Metodun en önemli avantajı hem hidrofilik hem lipofilik bileşiklere uygulanabilir oluşudur (76).

3.3.1.3 Antioksidan aktivite ölçümünde kullanılan kimyasallar

Antiokisan aktivite ölçümünde kullanılacak olan kimyasallar Genesuz kimya dan alınmıştır.

- ABTS 2,2’-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)
- Potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$)
- Troloks (6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) (antioksidan standart)
- Etanol (%95)
- Distile su

Kullanılan çözeltiler;

- 1) ABTS çözeltisi (etanol içinde 7 mikromol konsantrasyonda)
- 2) $K_2S_2O_8$ çözeltisi 2,45 mM

- 3) ABTS radikal çözeltisi: eşit hacimlerde ABTS ve $K_2S_2O_8$ çözeltisi karıştırılmıştır. Bu karışım, 2 gün kararlıdır ve 30 °C’de ısıtılmış ve 734 nm de $0,70 \pm 0.02$ absorbansa ulaşınca kadar dikkatle seyreltilmiştir.
- 4) Troloks çözeltisi (yaklaşık 2,5mM troloks çözeltisi 15.03 mg troloks/25 ml etanol)

3.3.1.4 Kimyasal analizler için örnek hazırlanması

Taze sebze örnekleri etiketlenmiş, en kısa zamanda işlenerek +4 °C’de buzdolabında tutulmuştur. Örnekler, bir bıçakla çok ince kısımlar halinde kesildikten sonra hızla iki ayrı vidalı kapaklı cam kaba tartılarak alınmış, cam kaplardan biri örneğin nem içeriğini belirlemek için kullanılmıştır. Aşağıdaki süreç uygulanmıştır;

- 1) Cam kapaklı ikinci örnek (yaklaşık 5-10 gm) üzerine önce 50 mL asetonitril ile oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Ekstrakt ayrı bir kaba alındıktan sonra bu işlem üç defa tekrarlanmıştır. Daha sonra benzer işlem aseton ve metanol+hekzan (1:2;v/v) ile aynı şekilde tekrarlanmıştır.
- 2) Ekstraktlar birleştirilerek Whatman No. 1 filtre kağıdından süzölmüştür.
- 3) Vakumda kuruluğa buharlaştırılmıştır (rotary buharlaştırıcı, maksimum sıcaklık 40 °C).
- 4) Buharlaştırma kalıntısı 50-75 mL metanol ile çözölerek 100 mL’lik balon jöjeye aktarılmıştır. Yıkama çözeltileri balon jöjedeki çözelti ile birleştirilip, son hacme metanol ile tamamlanmıştır.
- 5) Bu örnekleme 3 defa tekrar edilmiştir.

3.3.1.5 Antioksidan aktivite ölçümü işlem basamakları

Antioksidan aktivite ölçümü için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır;

- 1) Spektrofotometrenin yarımikro referans küvetine metanol konulmuştur.
- 2) Spektrofotometre 734 nm’ye ayarlanmıştır.
- 3) Bir yarımikro spektrofotometre küveti içine 1 mL ABTS radikali çözeltisi, çözelti üzerine 5 mikrolitre örnek çözeltisi eklenmiştir.
- 4) 6 dk süre ile dakikada bir 734 nm’de absorpsiyon okunmuştur.

- 5) Bu deneme, aynı örneğin 7.5 ve 10 mikrolitrelik kısımları ile tekrarlanmıştır.
- 6) İnhibisyon oranı (%) = $(A_{\text{başlangıç}} - A_{\text{son (6dk)}}) / A_{\text{başlangıç}} * 100$ formülü ile hesaplanmıştır.
- 7) Absise örnek hacmini, ordinate inhibisyon yüzdesini alarak grafik çizilmiştir.
- 8) Doğrunun eğimi bulunmuştur.

3.3.1.6 Antioksidan aktivite için eşdeğerlik analizi

Antioksidan aktivite için eşdeğerlik analizi, aşağıdaki şekilde uygulanmıştır;

- 1) Balon jojelere (10ml) yaklaşık 2.5 mM troloks çözeltisinden 2, 4, 6 ve 8 mL alınıp, etanol ile son hacme tamamlanmıştır.
- 2) Spektrofotometrenin yarımikro referans küvetine etanol konulmuştur.
- 3) Spektrofotometre 734 nm'ye ayarlanmıştır.
- 4) Bir yarımikro spektrofotometre küveti içinde, 1 mL ABTS radikali çözeltisi üzerine 10 mikrolitre örnek çözeltisi eklenmiştir. Troloks konsantrasyonları 5, 10, 15 ve 20 μ mol olmuştur.
- 5) Başlangıç ve dakikada bir 6 dk süre ile 734 nm de absorpsiyon okunmuştur.
- 6) Troloks inhibisyon oranı (%) = $(A_{\text{başlangıç}} - A_{\text{son (6dk)}}) / A_{\text{başlangıç}} * 100$ formülü ile hesaplanmıştır.
- 7) Absise troloks molar konsantrasyonu, ordinate troloks inhibisyon %'si alınarak grafik çizilmiştir.
- 8) Doğrunun eğimi bulunmuştur.

3.3.1.7 Antioksidan aktivitenin değerlendirilmesi

Troloks eş değeri (mmoL troloks/L) = örnek inhibisyon eğimi/troloks inhibisyon eğimi formülü ile hesaplanmıştır.

3.3.2 Toplam fenolik madde ölçümü

Bitki ve gıda matrikslerinin spektroskopik toplam fenol tayinlerinde en yaygın kullanılan yöntem Folin-Ciocalteu yöntemidir. Singleton ve Rossi 1965 tarafından molibdotungstosforik heteropolianyon reaktifi kullanılarak fenol tayini için geliştirilmiştir (88). Folin-Ciocalteu yöntemi polimerizasyon derecesinden bağımsız duyarlı ve kantitatif bir yöntemdir. Bu yöntemde fenolik maddeler arasında hiçbir fark bulunmaksızın kolorimetrik yükseltgenme-indirgenme ölçümleri gerekmektedir (30).

3.3.2.1 Fenolik madde ölçümünde kullanılan kimyasallar

Fenolik madde ölçümünde aşağıda belirtilen kimyasallar kullanılmıştır;
Sodyum karbonat çözeltisi (%75, 75g/L),
Folin-Ciocalteu çözeltisi, deiyonize su

3.3.2.2 Fenolik madde ölçümünde kullanılan cihazlar

Fenolik madde ölçümünde aşağıdaki cihazlardan yararlanılmıştır;

- Spektrofotometre T92 + UV_VİS PG instruments
- Hassas Tartı: mettler toledo model ML204/01
- Etüv: FN 500 Nüve

3.3.2.3 Fenolik madde ölçümü işlem basamakları

Fenolik madde ölçümü için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır;

15 mL'lik vidalı kapaklı tüpte, 1 mL örnek üzerine 1 mL Folin-Ciocateu çözeltisi eklenmiş ve çalkalanmıştır. Üzerine 3 mL 75g/L lik Na_2CO_3 çözeltisi, 3 mL deiyonize su eklenerek etüvde 30 °C'de 2 saat bekletilmiştir. Referans olarak deiyonize su kullanılmıştır. UV spektrofotometrede 850-650 nm'de absorpsiyon ölçümü yapılmıştır.

3.3.2.4 Fenolik madde için eşdeğerlik analizi

Fenolik madde için eşdeğerlik analizi, aşağıdaki şekilde uygulanmıştır;

- 1) 25 mg gallik asit 50 mL m alkolde çözülmüştür (Ana çözelti:500 mg/L).
- 2) 10 mL'lik balon jojeye ana çözeltiden 1, 2, 4, 6 ve 8 mL alınarak,.metanol ile son hacme tamamlanmıştır (Ara çözeltiler; 50, 100, 200, 300, 400 mg GA/L).
- 3) Ara çözeltiden alınan 1 ml üzerine 1 ml folin-ciocalteu çözeltisi eklenip, çalkalanmıştır.
- 4) 3 ml 75 g/l Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir.
- 5) 5 ml deiyonize su eklenmiştir.
- 6) Karanlıkta etüvde 30 °C'de 2 saat bekletilmiştir.
- 7) 720 veya 764-765 nm'de absorbsiyon ölçümü yapılmıştır (referans deiyonize su).
- 8) apsis gallik asit konsantrasyonunu (mg/L), ordinata absorbsiyon değerlerini alarak grafik çizilmiştir.

Fenolik madde içeriğinin değerlendirilmesi: Örneklerin absorbsiyonları analitik doğru kullanarak değerlendirilmiştir.

3.3.3 Toplam fenoliklerin belirlenmesi

1 ml enginar özütü, ölçülü balonlarda 1 ml Folin-Ciocalteu reaktifi ve 3 ml ile sodyum karbonat solüsyonu ile karıştırılmış ve hacim 10 ml'ye ayarlanmıştır. Numunelerin etüvde iki saat 30 °C'de inkübasyonundan sonra, 764 nm'de bir UV-Vis Spektrofotometresi (UV-VIS, UV_VİS PG instruments) kullanılarak absorbans okunmuştur.

3.4 İstatistiksel Analiz

Nicel değişkenler ortalama ve standart sapma ile özetlenmiştir. Bağımsız ikiden çok grup karşılaştırmaları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır.

Varyans homojenliği sağlanmadığı durumlarda Welch ANOVA istatistiği hesaplanmıştır. ANOVA tümel sonuçları anlamlı bulunduğunda farklılığın kaynağını belirlemek için varyans homojenliğinin sağlandığı durumda Tukey HSD, varyans homojenliği sağlanmadığında ise Games-Howell Post Hoc testleri tercih uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi %5 olarak kabul edilmiştir ve tüm zmlmeler SPSS (version 26) ile yapılmıştır.



4 BULGULAR

4.1 Enginarın Çiğ ve Pişirilmiş Bölümlerinin Kuru Madde Değerleri

Çalışma kapsamında enginarın yenilebilir bölümleri olan kalp, sap ve iç brakte kısımlarına haşlama, buharda pişirme, basınçta pişirme ve mikrodalgada pişirme olmak üzere dört farklı yöntem uygulanmıştır. Çiğ ve pişirme örneklerinin kuru madde analizi değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9. Enginar bölümlerinin çiğ ve pişmiş olarak kuru madde değerleri

Kuru Madde Değerleri			
	Kalp (%)	Sap (%)	İç Brakte (%)
Çiğ	10.12±1.18	18.48±3.44	27.81±3.09
Haşlama	8.84±0.95	20.94±3.65	33.34±9.06
Buharda pişirme	15.46±2.07	20.94±3.65	24.64±2.73
Basınçta pişirme	8.93±0.46	11.11±4.05	22±0.28
Mikrodalgada pişirme	13.37±1.5	14.38±1.64	33.21±2.85

Sonuçlar ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.
(n-3) her örnek en az 3 kez çalışılmıştır.

4.2 Enginarın Çiğ Bölümlerinin Toplam Fenolik ve Toplam Antioksidan Aktivite Değerleri

Çalışma kapsamında enginarın yenilebilir bölümleri olan kalp, sap ve iç brakte bölümlerinin çiğ örneklerine ait toplam fenolik madde (TFM) (gallik asit eşdeğeri (GAE) µg/g km) değerleri ve TAA’leri (TEAC mikromol Trolox µg/g km) analiz edilmiştir. Kalp bölümünde TFM 1732.65±186.91 µg/g km, TAA 1.01±0.19, sap bölümünde TFM 5652.03±328.69, TAA 4.95±0.75 ve iç brakte bölümünde TFM 2419.08±129.73, TAA 1.62±0.2 olarak bulunmuştur. % inhibisyon, TAA (mikromolTrolox µg/g km ve TFM (µg GAE/g km) bakımından çiğ enginar bölümleri arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Tüm değişkenler için sap bölümü ortalaması diğer bölümlerden istatistiksel olarak anlamlı

yüksek ve kalp bölümü ortalaması ise diğer bölüm ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı düşük bulunmuştur. Bulgular Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Enginar bölümlerinin (çiğ) toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite değerleri

Enginar Bölümleri					
	Kalp	Sap	İç brakte	F	p
%inhibisyon	18.51±3.56 ^a	97.36±15.05 ^b	32.23±4.25 ^c	36.717*	0.004
TAA (µg Trolox/g km)	1.01±0.19 ^a	4.95±0.75 ^b	1.62±0.2 ^c	34.994*	0.004
TPM (µg GAE/g km)	1732.65±186.9 ^a	5652.03±328.69 ^b	2419.08±129.73 ^c	246.726	<0,001

*Welch ANOVA statistic
(n-3) her örnek en az 3 kez çalışılmıştır.

İstatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmayan ($p>0,05$) grup ortalamaları aynı harf ile indislenmiştir.

4.2.1 Enginarın kalp bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri

Çalışma kapsamında enginarın kalp bölümüne ait çiğ ve pişmiş örneklerle ait toplam fenolik madde değerleri ve toplam antioksidan aktiviteleri analiz edilmiş çiğ örneğin TFM GAE µg/g km’de 1732,65±186,91, TAA’si TEAC µg/g km’de 1,01±0,19, haşlama yöntemi ile pişirilen kalp örneğinin TFM GAE µg/g km’de 858,52±382,92, TAA’si TEAC µg/g km’de 0,49±0,28, buharda pişirme yöntemi ile pişirilen kalp örneğinin TFM GAE µg/g km’de 1285,95±160,67, TAA’si TEAC µg/g km’de 0,72±0,13, basınçlı pişirme yöntemi ile pişirilen kalp örneğinin TFM GAE µg/g km’de 1736,84±236,71, TAA’si TEAC µg/g km’de 1,02±0,06, mikrodalgada pişirme yöntemi ile pişirilen kalp örneğinin TFM GAE µg/g km’de 1343,66±48,24, TAA’si TEAC µg/g km’de 0,74±0,11 olarak bulunmuştur. Kalp bölümünde yapılan karşılaştırmalar sonucunda TFM (µg GAE/g km) hariç tüm değişkenler bakımından grup (pişirme yöntemleri ve çiğ) ortalamaları arası fark istatistiksel olarak anlamlı

bulunmuştur ($p<0,05$). Post Hoc testlerine göre ise %inhibisyon, ve $\mu\text{mol Trolox } \mu\text{g/g km}$ bakımından haşlama ortalaması, basınç ve çığ ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı düşük bulunmuştur. TAA kayıp oranları bakımından ise haşlama ortalaması basınç ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulunmuştur. Enginarın kalp bölümüne ait çığ ve pişirme yöntemleri sonucu elde edilen TFM ve TAA değerleri Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Enginarın kalp bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları

	Pişirme yöntemleri						
	Çığ	Haşlama	Buhar	Basınç	Mikrodalga	F	p
%inhibisyon	18,51 $\pm$ 3,56 ^a	8,89 $\pm$ 5,18 ^b	13,2 $\pm$ 2,47 ^{a,b}	18,66 $\pm$ 1,08 ^a	13,54 $\pm$ 2,04 ^{a,b}	4,969	0,018
Trolox $\mu\text{g/g km}$	1,01 $\pm$ 0,19 ^a	0,49 $\pm$ 0,28 ^b	0,72 $\pm$ 0,13 ^{a,b}	1,02 $\pm$ 0,06 ^a	0,74 $\pm$ 0,11 ^{a,b}	4,962	0,018
TAA kayıp	-	50,88 $\pm$ 28,67 ^a	27,09 $\pm$ 13,63 ^{a,b}	-3,13 $\pm$ 5,97 ^b	25,15 $\pm$ 11,29 ^a	7,489*	0,040
TFM GAE $\mu\text{g/g}$	1732,65 $\pm$ 186,91	858,52 $\pm$ 382,92	1285,95 $\pm$ 160,67	1736,84 $\pm$ 236,71	1343,66 $\pm$ 48,24	4,376*	0,082
TFM kayıp oranı	-	50,08 $\pm$ 22,27	25,22 $\pm$ 9,34	1,48 $\pm$ 11,96	21,87 $\pm$ 2,80	3,384*	0,105

* Welch ANOVA statistic
(n-3) her örnek en az 3 kez çalışılmıştır

Tablodaki her değer, üç kopyanın ortalamasını $\pm\text{SD}$ temsil eder. Bireysel parametrenin aynı satırında farklı harflerle takip edilen ortalamalar, anlamlı farklılık gösterir ($p<0,05$).

4.2.2 Enginarın sap bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları

Çalışma kapsamında enginarın sap bölümüne ait çığ ve pişmiş örneklerle ait TFM ve TAA değerleri ve çığ örneğe göre kayıp oranları analiz edilmiştir. Çığ örneğin TFM GAE $\mu\text{g/g km}$ ’de 5652,03 $\pm$ 328,69, TAA TEAC $\mu\text{g/g km}$ ’de 4,95 $\pm$ 0,75, haşlama yöntemi ile pişirilen sap örneğinin TFM GAE $\mu\text{g/g km}$ ’de 4941,1 $\pm$ 831,11, TAA TEAC $\mu\text{g/g km}$ ’de 3,8 $\pm$ 0,36, buharda pişirme yöntemi ile pişirilen sap örneğinin TFM GAE $\mu\text{g/g km}$ ’de 8990,5 $\pm$ 681,32, TAA TEAC $\mu\text{g/g km}$ ’de

4,65±0,21, basınçlı pişirme yöntemi ile pişirilen sap örneğinin TFM GAE µg/g km'de 6382,39±1686, TAA TEAC µg/g km'de 4,53±1,53, mikrodalgada pişirme yöntemi ile pişirilen sap örneğinin TFM GAE µg/g km'de 6527,31±296,35, TAA TEAC µg/g km'de 3,59±0.1 olarak bulunmuştur. Sap bölümünde yapılan karşılaştırmalar yalnız % inhibisyon değişkeni bakımından grup (pişirme yöntemleri ve çiğ) ortalamaları arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Post Hoc testlerine göre buhar ve mikrodalga ortalamaları ve çiğ ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulunmuştur. Enginarın sap bölümüne ait analiz sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Enginarın sap bölümünün çiğ ve pişirilmiş örneklerinin toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları

	Pişirme yöntemleri					F*	p
	Çiğ	Haşlama	Buhar	Basınç	Mikrodalga		
%inhibisyon	97,36±15,05 ^a	187,46±17,68 ^a	247,11±11,28 ^b	240,93±81,2 ^{a,b}	190,73±0,11 ^b	22,162	0,031
Trolox µg/g km	4,95±0,75	3,8±0,36	4,65±0,21	4,53±1,53	3,59±01	8,184	0,091
TAA kayıp	-	22,12±7,35	4,76±4,35	7,14±31,3	26,49±0,04	9,524	0,126
TFM GAEµg/g km	5652,03±328,69	4941,1±831,11	8990,5±681,32	6382,39±1686	6527,31±296,35	6,751	0,100
TFM kayıp oranı	-	12,38±14,74	-59,44±12,08	-13,18±29,90	-15,75±5,26	6,378	0,144

* Welch ANOVA statistic
(n-3) her örnek en az 3 kez çalışılmıştır

İstatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmayan (p>0,05) grup ortalamaları aynı harf ile indislenmiştir.

4.2.3 Enginarın iç brakte bölümüne ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve çiğ örneğe göre kayıp oranları

Çalışma kapsamında enginarın iç brakte bölümüne ait çiğ ve pişmiş örneklere ait TFM (GAE µg/g km) ve TAA (TEAC µg/g km) değerleri analiz edilmiştir. Çiğ örneğin TFM'si 2419,08±129,73, TAA'si 1,62±02, haşlama yöntemi ile pişirilen iç brakte örneğinin TFM GAE µg/g km'de 906,2±257,83, TAA'si TEAC µg/g km'de

0,49±0,14, buharda pişirme yöntemi ile pişirilen iç brakte örneğinin TFM GAE µg/g km'de 1684,69±257,72, TAA'si TEAC µg/g km'de 1,52±0,27, basınçlı pişirme yöntemi ile pişirilen iç brakte örneğinin TFM GAE µg/g km'de 1366,36±256,87, TAA'si TEAC µg/g km'de 0,92±0,31, mikrodalgada pişirme yöntemi ile pişirilen sap iç brakte örneğinin TFM GAE µg/g km'de 1122,98±320,39, TAA'si TEAC µg/g km'de 1,04±0,06 olarak bulunmuştur.

İç brakte bölümünde yapılan karşılaştırmalar sonucunda TFM'de kayıp tüm değişkenler bakımından grup (pişirme yöntemleri ve çiğ) ortalamaları arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Post Hoc testlerine göre ise %inhibisyon bakımından tüm grup ortalamaları çiğ grup ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı düşüktür ($p<0.05$). Ayrıca basınç ve mikrodalga ortalamaları arası fark anlamlı değil iken diğer tüm ikişerli karşılaştırmalar arası fark istatistiksel olarak anlamlıdır. µmol Trolox µg/g km bakımından haşlama, basınç ve mikrodalga ortalamaları çiğ ortalamasında istatistiksel olarak anlamlı düşüktür ($p<0.05$). TFM bakımından tüm grup ortalamaları çiğ ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı düşüktür ($p<0.05$). Çiğ örneğe göre pişirme yöntemlerine göre TAA kayıp oranlarına bakıldığında haşlama ve basınç ortalamaları arası fark anlamlı değil iken haşlama yöntemi sonucu oluşan kayıp oranı ortalaması diğer grup ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı yüksektir ($p<0.05$). Çiğ örneğe göre pişirme yöntemlerine göre TFM kayıp oranlarına bakıldığında haşlama ve buhar ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Enginarın iç brakte bölümüne ait toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

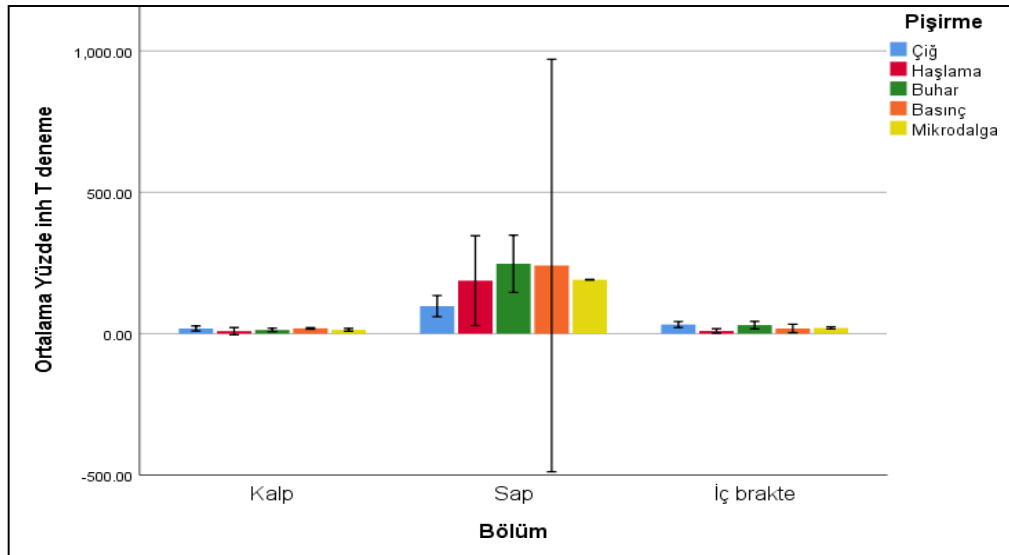
Tablo 13. Enginarın iç brakte bölümünün çiğ ve pişirilmiş örneklerinin toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite değerleri ve kayıp oranları

	Pişirme yöntemleri						p
	Çiğ	Haşlama	Buhar	Basınç	Mikrodalga	F	
%inhibisyon	32,23±4,25 ^a	9,59±3,12 ^b	30,2±5,3 ^{a,c}	18,38±6,03 ^{b,d}	20,59±1,59 ^{c,d}	13,499	<0,001
μmolTrolox μg/g km	1,62±0,2 ^a	0,49±0,14 ^b	1,52±0,27 ^{a,c}	0,92±0,31 ^{b,d}	1,04±0,06 ^{c,d}	13,814	<0,001
TAA kayıp	-	69,62±8,8 ^a	5,18±16,94 ^b	42,5±19,12 ^{a,c}	35,46±3,99 ^{b,c}	11,277	0,003
TFM GAE μg/g	2419,08±129,73 ^a	906,2±257,83 ^b	1684,69±257,72 ^c	1366,36±256,87 ^{b,c}	1122,98±320,39 ^{b,c}	16,390	<0,001
TFM kayıp oranı	-	62,47±10,68 ^a	30,23±10,67 ^b	43,41±10,64 ^{a,b}	53,49±13,27 ^{a,b}	4,447	0,041

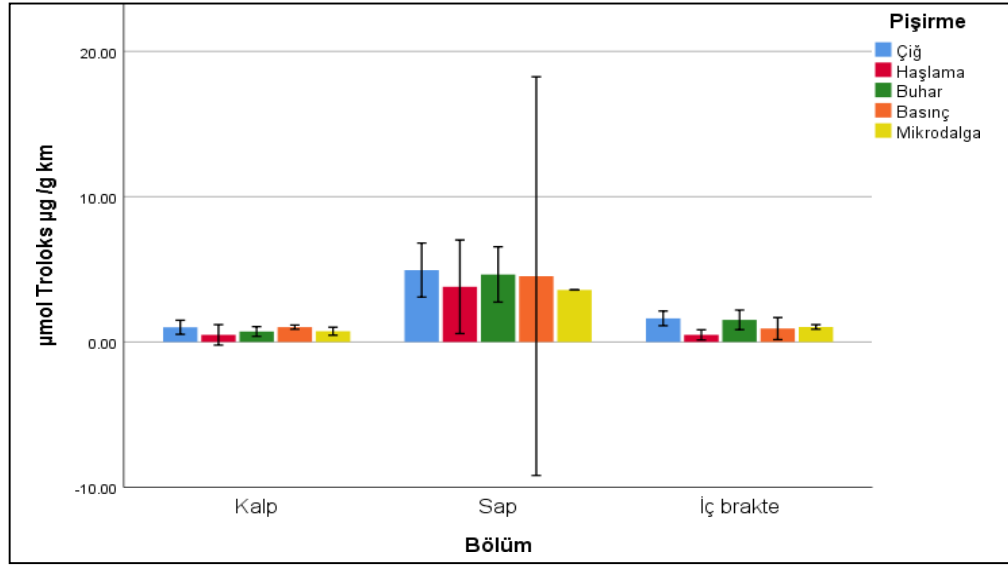
(n-3) her örnek en az 3 kez çalışılmıştır

İstatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmayan ($p>0,05$) grup ortalamaları aynı harf ile indislenmiştir.

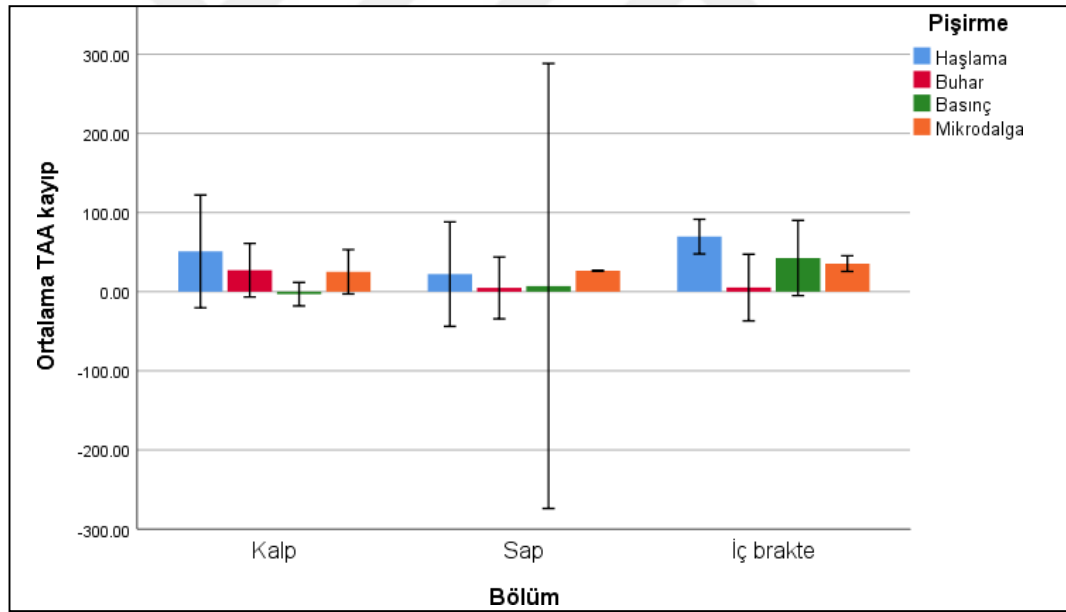
Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre, %inhibisyon grafiği Şekil 4’de, toplam antioksidan aktivite grafiği Şekil 5’te, toplam antioksidan madde kayıp oranı grafiği Şekil 6’da ve toplam fenolik madde kayıp oranı grafiği Şekil 7’de gösterilmiştir.



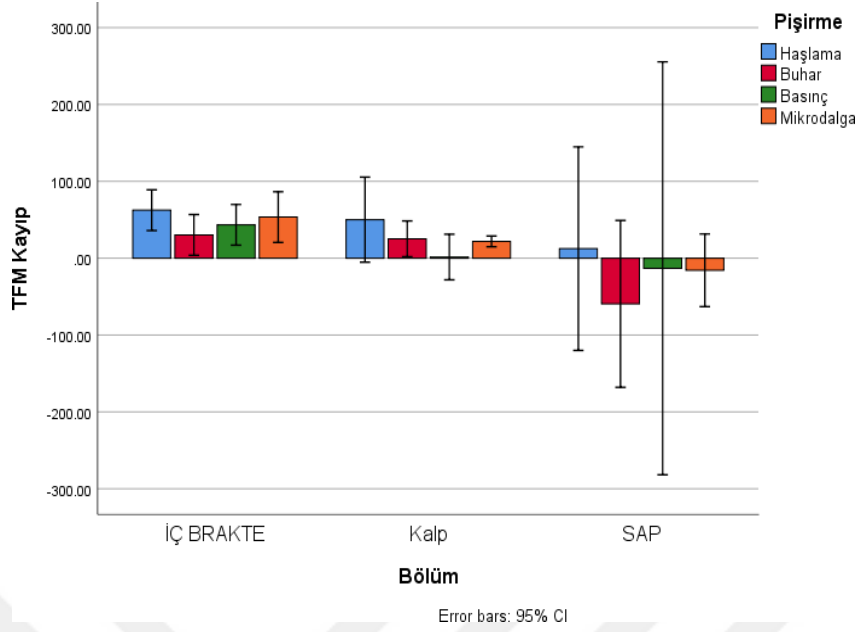
Şekil 4. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre %inhibisyon grafiği



Şekil 5. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre toplam antioksidan aktivite grafiği



Şekil 6. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre toplam antioksidan aktivite kayıp oranı grafiği



Şekil 7. Enginarın farklı bölümlerinin çiğ ve pişirme yöntemlerine göre toplam fenolik madde kayıp oranı grafiği

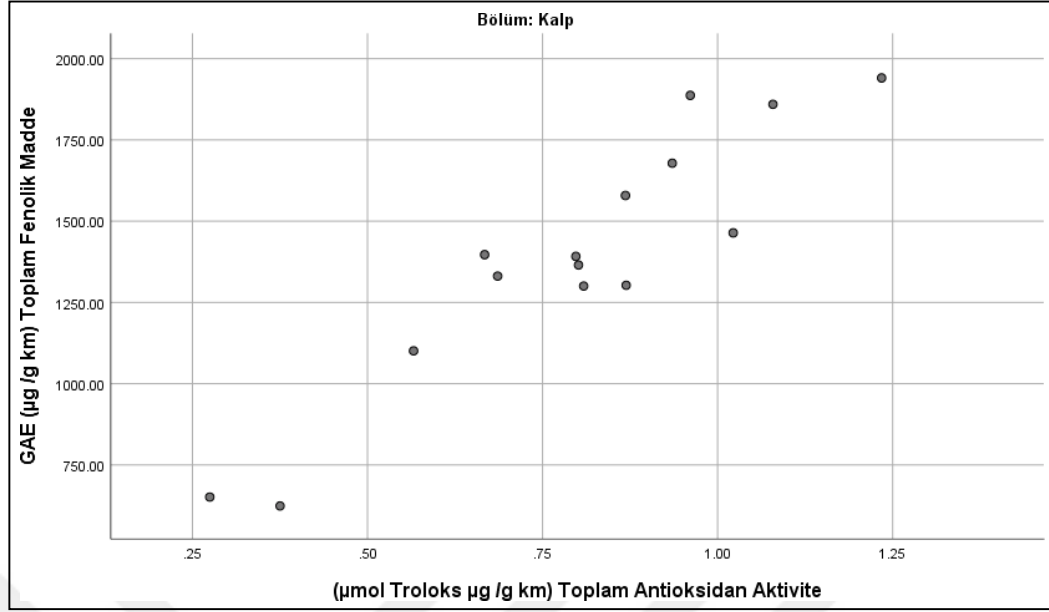
4.2.4 Enginar bölümlerinin toplam fenolik içerik ve toplam antioksidan aktivitesi arasındaki ilişki

Enginarın kalp, sap ve iç brakte bölümlerinin TFM ve TAA arasındaki ilişkiye bakıldığında tüm bölümlerin TFM'si ve TAA'si arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Kalp bölümü için korelasyon oranı %93, iç brakte bölümü için %80, sap bölümü için %36 olarak saptanmıştır. Tablo 14.'te ve Şekil 8, 9 ve 10'da kalp, sap ve iç brakte bölümlere ait korelasyon bulguları verilmiştir.

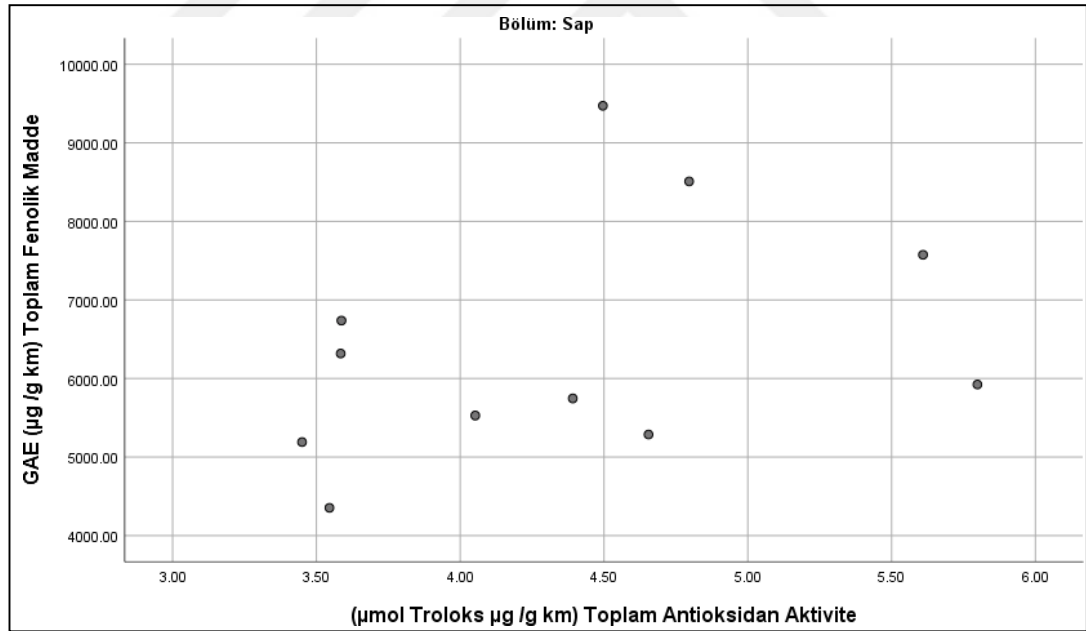
Tablo 14. Enginar bölümlerinin toplam fenolik içerik ve toplam antioksidan aktivitesi arasındaki ilişki

	Pearson Korelasyon Katsayısı	p
Kalp (n=15)	0.932**	<0.001
Sap (n=11)	0.366	0.269
İç brakte (n=15)	0.807**	<0.001

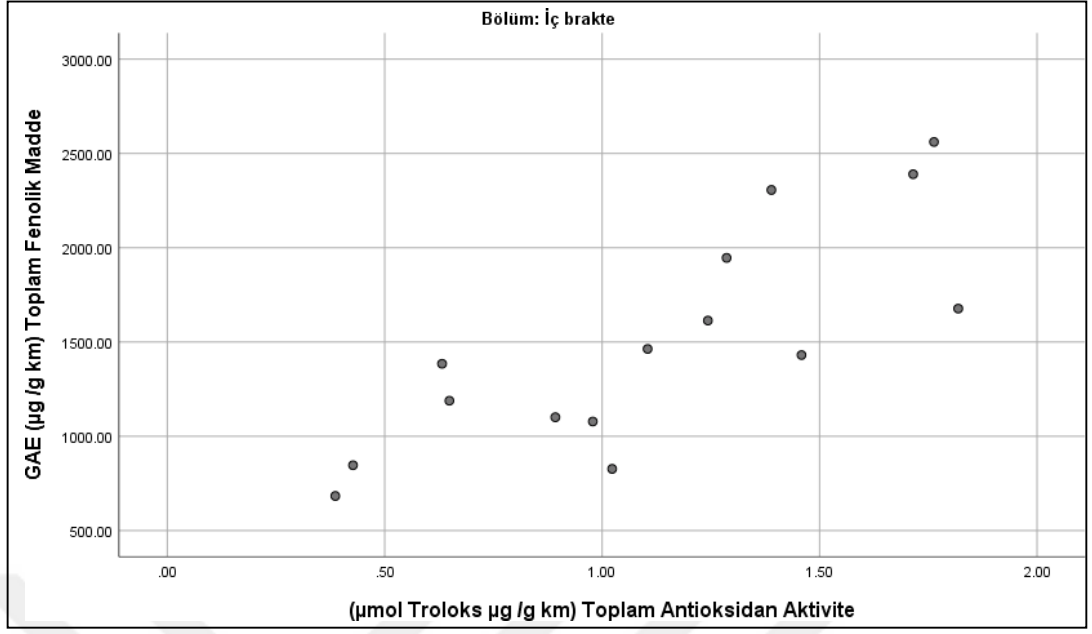
(n-3) her örnek en az 3 kez çalışılmıştır.



Şekil 8. Kalp bölümünde Trolox kuru madde ile oran ölçümlerine ilişkin saçılım grafiği



Şekil 9. Sap bölümünde Trolox kuru madde ile oran ölçümlerine ilişkin saçılım grafiği



Şekil 10. İç brakte bölümünde Trolox kuru madde ile oran ölçümlerine ilişkin saçılım grafiği

5 TARTIŞMA

Falleh ve ark. (2008), enginar baş/kafa, yaprak ve tohum kısımlarının %100 metanolde elde edilen ekstarktlarında TAA'yi DPHH yöntemi, TFM'yi Folin-Ciocalteu reaktifi kullanarak yapmış oldukları çalışmada yapraklarda TAA 6,51 1 µg ml⁻¹, baş/kafa 7,44 1 µg ml⁻¹ ve tohum kısımlarında 12.0 1 µg ml⁻¹ olarak, TFM'yi (mg GAE g⁻¹ dm) yapraklarda 34,72, baş/kafada 7,6, tohumlarda 10,08 olarak saptamışlardır. Bu çalışmada TFM ile TAA arasında doğrusal bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Bitki bölümlerinin TFM'si, gallik asit ile kalibrasyon eğrisi boyunca kuru ağırlığın gramı (mg GAE g⁻¹ dm) başına miligram gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiş ve tüm örnekler üç tekrar olacak şekilde analiz edilmiştir (89).

Bu çalışmada TAA brakte yapraklarda 1.62±0.2 Trolox µg/g km, kalp kısmında 1.01±0.19 µg Trolox/g km, sap kısmında 4.95±0,75 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada iç brakte bölümlerin TAA ve TFM içeriği, kalp kısmından fazladır (p>0.005). Falleh ve ark.'nın çalışmasında enginarın iç brakte, kalp ve sap kısmını birlikte içeren ve çiçek olarak adlandırılan bölümü analiz edilirken, bu çalışmada enginar kalp, iç brakte ve sap iç kısmının analizleri ayrı ayrı yapılmıştır ve farklılığın bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Fратиanni ve ark. (2007), İtalya'da yetişen 5 farklı genotipe sahip 5 çeşit enginarın farklı bölümlerindeki TFM'yi tespit etmek için yapmış oldukları çalışmada genotiplere ve enginar bölümlerine göre TFM'de farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Genotiplere göre kalp bölümünün TFM içeriği 0.11±0.01 ile 3.09±0.09, iç braktelerin TFM içeriği 1.58±0.10 ile 8.03±0.14, dış braktelerin TFM içeriği 0.47±0.01 ile 1.79±0.01, sap yaprağında TFM içeriği 0.52±0.01 ile 2.30±0.01 aralığında ölçülmüştür. Buna göre enginar bölümleri arasında en fazla TFM içeriği çoktan aza doğru olacak şekilde iç brakte, kalp, sap ve sap yaprağı olarak belirtilmiştir (51). Bu çalışmada ise enginarın bölümlerine göre TFM içeriği çoktan aza olacak şekilde sapın yenilebilir iç kısmı, iç brakte ve kalp şeklindedir.

Tokuşoğlu (2021), Urla sakız enginarı ve Bayrampaşa enginarının çiğ, haşlanmış, buharda pişirilmiş ve kızartılmış örneklerinin TFM ve TAA sini belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada örneklerin ekstraksiyonu %70 etanolde yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre Urla sakız enginarının TFM içeriği Bayrampaşa enginarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ve enginar kalbine uygulamış oldukları pişirme yöntemlerinden (haşlama, buharda pişirme, kızartma) işlemlerinden sonra TFM içeriği artmıştır (90).

Bu çalışmada kullanılan enginar çeşidi Bayrampaşa enginarıdır. Bu çalışmada kullanılan pişirme yöntemlerinde TFM içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış olmamış, özellikle haşlama yönteminde %50 civarında kayıplar olmuştur. Bu farklılıklar ısı işlem prosedürlerindeki farklılıklardan, özellikle kızartma işleminde 170 °C üzeri sıcaklarda fenolik bileşiklerin izomerizasyonu sonucu yeni bileşiklerin oluşması ile açıklanabilir.

Colantuono, Ferracane, Vitaglione, (2018), enginarın farklı bölümlerinin (baş/kafa, iç brakte, sap) TFM içeriğini analiz ettikleri araştırmalarında çalışma örnekleri %75'lik metanolde ekstrakte edilmiş olup, TFM içeriği Folin-Ciocalteu reaktifi, TAC DPHH yöntemi ile analiz edilmiştir. Fenolik bileşikler açılımı HPCL ile belirlenmiştir. Çalışma verilerine göre enginarın baş kısmının TFM'si 8.8 ± 0.6 mg GAE/g dm, TAA'sı 31.6 ± 1.7 μ mol TE/g dm, enginarın brakte yapraklarının TFM'si 21.6 ± 2.1 mg GAE/g dm, TAA'sı 91.1 ± 5.6 μ mol TE/g dm, enginarın sap kısmının TFM 34.7 ± 1.1 mg GAE/g dm, TAA'sı 147.7 ± 12.6 μ mol TE/g dm olarak ölçülmüştür (66). Bu çalışmada enginar kalp kısmının TFM'si GAE μ g/g dm 1732.65 ± 186.91 , TAA'sı 31.6 ± 1.7 μ mol TE/g dm, enginarın brakte yapraklarının TFM'si 2419.08 ± 129.73 GAE mcg/g km, TAA'sı 1.62 ± 0.2 μ mol TE/g DW, enginarın sap kısmının TFM'si 5652.03 ± 328.69 GAE mcg/g km, TAA'sı 4.95 ± 0.75 μ mol TE mcg/g km olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada da benzer şekilde sap ve brakte kısımlarının TFM ve TAA değeri kalp kısmına göre daha yüksek bulunmuştur.

Hwang., Sun. (2019), çiğ, buharda pişirilmiş ve haşlanmış karnabahar örneklerinden %80 etanolde elde edilen ekstraktın glikozinolat, polifenol ve flavonoid içeriği ve antioksidan aktivitelerini değerlendirdiği çalışma sonucunda haşlama yöntemi ile pişirilen karnabahar örneklerinde çiğ veya buharda pişirilmiş karnabahar örneklerine göre önemli ölçüde azalmış glikozinolat, toplam polifenol ve toplam flavonoid konsantrasyonları saptanmıştır. Buna göre pişirme yöntemlerinin kayıp oranları yüksekten aza olacak şekilde çiğ, buharda pişirme ve haşlama olarak sıralanmıştır (91). Bu çalışmanın sonuçlarına göre de TAA'de çiğ örneğe göre en fazla kayıp haşlama yönteminde görülürken, buharda pişirme yönteminde kayıp oranı en azdır.

Pandino ve ark. (2011) tarafından İtalya'da yetişen farklı genotip özelliklere sahip 6 enginar çeşidinin dış brakte, iç brakte ve kalp örneğinin TFM içeriği %70 metanolde ekstrakte edilen örneklerde yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPCL) yöntemi ile ölçülmüştür. Genotiplere göre TFM'de farklılıklar olduğu, TFM içeriğinin dış braktelerde en az 989 mg/kg km, en çok 2684 989 mg/kg km, iç braktelerde en az 2216 mg/kg km, en çok 9385 mg/kg km, kalp bölümünde en az 2396 mg/kg km, en çok 6004 mg/kg km olarak ölçüldüğü çalışmada, 6 genotipin ortalamasına bakıldığında dış braktelerde TFM 1700 mg/kg dm, iç braktelerde 4400 mg/kg dm, kalp bölümünde 4500 mg/kg km olarak saptanmıştır (92). Bu çalışmada da iç brakte ve kalp bölümüne ait TFM içerikleri birbirine yakın olmakla beraber iç brakte bölümünde daha yüksek bulunmuştur. Bu durum genotip, coğrafî ve toprak özelliklerdeki farklılıklar ile açıklanabilir.

Fernandez ve ark. (2021) enginarda üç farklı pişirme tekniğinin (haşlama, ızgara ve kızartma) (poli)fenolik bileşikler üzerine etkisini araştırmak için yapmış oldukları çalışmada örneklerin ekstraksiyon işlemleri %80 metanolde yapılmış, enginarda bulunan bağlı ve çözünür bileşiklerin analizi için HPCL, TFM için Folin-Ciocalteu, TAA belirleme için ABTS ve DPHH yöntemleri uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre çiğ örnekte serbest TFM 69.979 mg /g km, bağlı TFM 1.6000 mg /g km, haşlama örneklerinde serbest TFM 52.582 mg /g km, bağlı 1.044 mg /g km, ızgarada pişirilmiş örneklerde serbest TFM 35.653 mg /g km, bağlı TFM 1.117 mg /g km,

kızartılmış örneklerde serbest TFM 34.683 mg /g dm, bağlı fenolik bileşikler 0.641 mg /g dm olarak ölçülmüş olup, hem DPHH ve ABTS yöntemi ile ölçülen AA nin fenolik içerik ile pozitif korele olduğu görülmüştür. Kızartma ve ızgara işlemi haşlamaya göre daha fazla TFM kaybına neden olmuştur. Kızartma ve ızgarada pişirmedeki yüksek sıcaklık dereceleri (sırasıyla, 170°C ve 180°C), muhtemelen fenolik asitlerin daha fazla bozunmasına neden olmuştur (50).

Bu çalışmada da tüm bölümlerde çiğ örneğe göre pişirme yöntemlerinde TFM'de azalma görülmüştür. Isıl işlemler sonucu TFM'nin azalması haşlama yönteminde çözünabilir bileşiklerin pişirme suyuna geçmesi ile ilişkilendirilmekte olup, 170°C üzerindeki sıcaklıkta yapılan pişirme işlemlerinin fenolik asitlerin bozunmasına neden olduğu belirtilmektedir (48).

Juaniz ve ark. (2016) beyaz soğan, yeşil biber ve enginar sap kısmına uygulanan ısıt işlemlerinin (zeytinyağında, ayçiçek yağında kızartma ve ızgarada pişirme) TAA ve TFM üzerine etkisini değerlendirmiştir. Çalışma örnekleri %80 etanolde ekstrakte edilmiş, TAA DPHH ve ABTS yöntemleri, TPC UPLC-PDA ile analiz edilmiştir. Enginar saplarında çiğ örneğe göre tüm pişirme yöntemlerinde artış gözlenmiştir; çiğ örnekte toplam klorojenik asit içeriği 5.22 ± 0.09 mg/g dm, zeytinyağında kızartılmış örnekte 6.55 ± 0.13 mg/g dm, ayçiçek yağında kızartılmış örnekte 7.53 ± 0.14 mg/g dm, ızgarada pişirilmiş örnekte 15.82 ± 0.54 mg/g dm olarak ölçülmüştür. Kızartma işlemlerine göre ızgarada pişirme sırasında uygulanan daha yüksek sıcaklık nedeniyle ızgara sebzeler, çiğ soğan, biber ve enginar ile karşılaştırıldığında sırasıyla %57,35, %25,55 ve %203,06'lık artışlarla en yüksek fenolik bileşik miktarlarını göstermiştir (93).

Bu çalışmada enginarın sap kısmına haşlama, buharda, basınçlı ve mikrodalgada pişirme işlemleri uygulanmış, haşlama yönteminde TFM ve TAA'da anlamlı bir kayıp olmuş, buharda ve basınçlı pişirme yöntemlerinde bir miktar artış olmakla beraber artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Vinha ve ark. (2015) Akdeniz diyetinde sıklıkla tüketilen C vitamini, karotenoidler ve fenolik bileşikler için iyi kaynaklar olarak kabul edilen on bir yeşil sebze üzerinde 10 dakika haşlamanın bazı fizikokimyasal parametreler ve C vitamini, fenolik ve karotenoid içerikleri ile antioksidan aktivite üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmada, TAA DPHH yöntemi, TFM Folin-Chicalteu yöntemi ile analiz edilmiştir. Haşlama işlemi, hem farklı biyoaktif bileşikler hem de analiz edilen farklı sebzeler göz önüne alındığında tüm sebzelerde TFM’de kayıplara ve sebzelerin TAA’de önemli azalmalara neden olmuştur (94). Bu çalışmada da enginarın farklı bölümlerine uygulanan haşlama işlemi (kalp bölümü 15-20 dk, sap bölümü 5 dk, iç brakte bölümü 15 dk) sonucu bölümlerin antioksidan aktivitelerinde kayıplar saptanmıştır.

Eyarki ve ark. (2016) pancar, patlıcan, bezelye ve yeşil bibere uygulanan ön haşlama işlemlerinin (70, 75, 80, 85 ve 90°C’de 3-15 dk) TFM ve TAA üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre zaman ve sıcaklık artışı oldukça TFM ve TAA azalmıştır. Tüm sebzelerde TFM ve TAA kaybı en fazla 90°C’de 15 dk ön haşlamada gözlenirken, en yüksek TAA değerleri 70°C’de yapılan ön haşlama işlemi sonucu ölçülmüştür. Kısa süreli haşlamada (70°C’de 3 dk) sebzelerin TFM sinde kayıp oranı %15–20 iken 90°C’de 15 dk haşlamada %50–52 oranında olmuştur. Isıl işlem sırasında, pektik polisakkaritlerin çözünmesi ve depolimerizasyonu gibi hücre duvarı ve orta lamel bileşenlerini etkileyen ve böylece meyve ve sebzelerin sertliğinde büyük bir değişikliklerle sonuçlanan bir dizi kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir (95).

Giallourou, Oruna-Concha, Harbourne (2016) haşlama, buharda, mikrodalgada pişirme, doğrama, blenderize etme işlemlerinin su teresi ve su teresinden yapılan smootilerin TFM’ne etkisini inceledikleri çalışmada, taze örneklerin işlenmiş örneklerden daha yüksek oranda TFM içerdiği, TFM içeriğinde 2 dk haşlama sonucu %49, 10 dk kaynatma sonucu %71 oranında değişim olduğu görülmüştür. Mikrodalga ve buharda pişirmede (5 dk), doğrama ve blenderize etme işlemleri TFM içeriğini önemli ölçüde etkilememiştir. Buna karşın smootilerin oda sıcaklığında 120 dk tutulması sonucu TFM %20-25 oranında azalmıştır (96). Çalışılan sebze

örneklerinin farklı yapılarda olmasına rağmen bu çalışmada da buharda ve mikrodalgada pişirme yöntemlerinde kayıp oranları diğer pişirme yöntemlerine göre daha az olmuştur.

Vallejo ve ark.'nın (2003) brokolinin yenilebilir bölümlerinin TFM içeriği üzerine basınçlı pişirme, haşlama, buharda pişirme ve mikrodalgada pişirmenin etkisinin araştırıldığı çalışmada fenolik bileşiklerin analizi HPCL ile yapılmış, ekstraktlar %70 metanolde elde edilmiştir. Buna göre yenilebilir bölümlerin TFM içeriği taze örnekte 659.3 mg/kg iken basınçta pişirmede 307.2 mg/kg, haşlama ve buharda pişirmede 586.0 307.2 mg/kg, mikrodalgada pişirmede 186.0 mg/kg olarak ölçülmüştür (97). Bu çalışmada TFM, kalp bölümünün çiğ örneğinde $1732 \pm 65 \mu\text{g/g km}$ iken, haşlanmış örnekte $853.52 \pm 382.92 \mu\text{g/g km}$, buharda pişirilmiş örnekte $1285.95 \pm 160.67 \mu\text{g/g km}$, basınçta pişirilmiş örnekte $1736 \pm 236.71 \mu\text{g/g km}$, mikrodalgada pişirilmiş örnekte $1343.66 \pm 48.24 \mu\text{g/g km}$ olarak bulunmuştur. Buharda pişirmenin minimal kayıplara neden olması ve pişirme yöntemlerindeki kayıplar açısından çalışma sonuçları tutarlıdır.

Falleh ve ark. (2008) enginarın çiçek, yaprak ve tohum kısımlarının %100 metanolde elde edilen ekstraktlarında TAA'yi DPHH yöntemi, TPC için Folin-Ciocalteu reaktifi kullanarak yapmış oldukları çalışmada, yapraklarda TAA $6,51 \text{ l } \mu\text{g ml}^{-1}$, baş/kafa $7,44 \text{ l } \mu\text{g ml}^{-1}$ ve tohum kısımlarında $12.0 \text{ l } \mu\text{g ml}^{-1}$ olarak, TFM Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak analiz edildiğinde (GAE mg/ g dm) yapraklarda 34,72, çiçek başta 7,6, tohumlarda 10,08 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada TFM ile TAA arasında doğrusal bir ilişki olduğu gösterilmiştir.

Bitki parçalarının toplam fenolik içeriği, gallik asit ile kalibrasyon eğrisi boyunca kuru ağırlığın gramı (GAE mg /g DW) başına miligram gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiş ve tüm örnekler üç tekrar olacak şekilde analiz edilmiştir (89). Bu çalışmada TAA brakte yapraklarda $1.62 \pm 0.2 \mu\text{molTrolox } \mu\text{g/g km}$, kalp kısmında $1.01 \pm 0.19 \mu\text{molTrolox } \mu\text{g /g km}$, sap kısmında $4.95 \pm 0.75 \mu\text{molTrolox } \mu\text{g /g km}$ olarak bulunmuştur. İç brakte bölümünün TAA ve TFM içeriği kalp kısmından fazla saptanmıştır. Falleh ve ark. (2008) çalışmalarında enginarın iç brakte, kalp ve sap

kısmını birlikte içeren ve çiçek olarak adlandırılan kısmını analiz ederken, bu çalışmada enginarın kalp, iç brakte ve sap iç kısmının analizleri ayrı olarak yapılmıştır ve çalışmalar arasındaki farklılığın bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Li, Ali, Muhammed (2017), perah tohumlarından elde edilen unlara farklı sürelerde (1, 2, 3 dk) mikrodalgada pişirme işlemi uyguladıkları çalışmada TFM'yi Folin-Chiolcateu, TAA'yi DPHH ile %70 lik metanolde ekstrakte edilen örneklerde analiz etmişlerdir. Çalışma sonunda mikrodalga pişirme işleminde TFM düzeyi, kontrol örneğine göre tüm pişirme sürelerinde önemli ölçüde artmıştır. En fazla artış, mikrodalgada 3 dk kavrulmuş örneklerde gözlemlenmiştir. Kavurma işlemi büyük olasılıkla hücre yapısının kısmen bozunması, bazı bağlı fenolik bileşiklerin salınması ile açıklanabilir (89).

Salem ve ark. (2017) yaptığı çalışmada ALE'nin farklı konsantrasyonlardaki heksan, bütanol, etil asetat, etil alkol çözeltilerinde en yüksek TPC içeriğini (mg GAE/g DW) yüksekten aza sıralanacak şekilde etanolde (54.54 ± 1.26), etilasetatta 53.07 ± 0.47 , bütanolde 41.66 ± 2.23 , heksanda 39.91 ± 9.36 olarak ölçülmüştür (3). Bu çalışmada ise örneklerdeki fenolik bileşiklerin maksimum oranda ekstraksiyonunu sağlamak için etanol, metanol, etilasetat ve aseton karışımı kullanılmıştır.

Rinaldi ve ark., (2020) İtalya'da yetişen iki farklı genotipe ait enginar çeşidinde dış brakte yapraklar, sap kısmındaki yapraklar temizlendikten sonra enginar dikey olarak 4 parçaya ayrılmış, haşlama, buharda pişirme ve sous vide pişirme yöntemi sonucu elde edilen pişmiş örneklerin çiğ örneğe göre TFM ve TAA'sini analiz edilmiştir. Çiğ örneğe göre tüm pişirme yöntemleri, TFM ve TAC'de artışa neden olmuştur. TFM (GAE mg/g dm) ve TAC (%inhibisyon) içeriği, en yüksekten en aza doğru sıralandığında buharda pişirme, sous vide pişirme, haşlama ve çiğ örnek şeklindedir (3). Bu çalışmada tüm pişirme yöntemlerinde çiğ örneğe göre farklı oranlarda kayıplar saptanmıştır. Bunun nedeninin pişirme yöntemlerindeki farklılıklar, enginarın dış brakte ve sap yaprakları ayrıldıktan sonra büyük parçalar

halinde pişirilmesi ve ekstraksiyon yöntemlerindeki farklılıklar olabileceği düşünülmüştür.

Lutz ve ark. (2011) Şili’de yetişen olgunlaşmamış (bebek) ve olgunlaşmış enginarlara (dış brakte yaprakları ve sap yaprakları ayrılmış, olgunlaşmış enginarlarda sap gövdenin 2 cm, bebek enginarlarda 1 cm altından kesilen örneklerle) basınçta pişirme yöntemi uygulamış ve çiğ örneğe göre TFM ve TAA değerlendirilmiştir. TFM, Folin-Ciocalteu, TAA DPPH yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre etanolde ekstrakte edilen olgunlaşmış çiğ örneklerin TFM’si (tannic asit eşdeğeri mg/100 gm) 5.40 ± 0.13 , pişmiş örneklerin 11.93 ± 0.30 , çiğ örneklerin TAC (%inhibisyon DPPH) değeri 30.50 ± 0.14 , pişmiş örneklerin 29.60 ± 1.28 iken, olgunlaşmamış (bebek) çiğ örneklerin TFM’si 4.55 ± 0.14 , pişmiş örneklerin 23.38 ± 0.57 , çiğ örneklerin TAC si (%inhibisyon DPPH) 5.02 ± 0.17 , pişmiş örneklerin 61.26 ± 0.09 olarak ölçülmüştür. Buna göre olgunlaşmamış enginarların TFM ve TAC değerleri olgunlaşmış enginar örneklerinden, her ikisinde de pişmiş örnekleri sonuçları çiğ örneklerden yüksek bulunmuştur (98). Bu çalışmada ise kullanılan enginar örnekleri, olgunlaşmış enginarlardır ve tüm pişirme yöntemlerinde çiğ örneğe göre kayıplar olmuştur. Fenolik bileşiklerin içeriği, enginarın çeşidi, yaş, bitkinin genotipi, yetiştirme koşulları, hasat şekli hasat sonrası ve depolama koşulları ve kullanılan teknolojik prosedürler arasında değişiklikten etkilenmektedir. Artış kısmen bağlı fenolik asitlerin salınımından ve bitki hücrelerinin hücresel bileşenlerinin parçalanmasından veya yumuşamasından dolayı olabilir, bu da antioksidanların erişilebilirliğinin artmasına yol açar. Bu kompleks bileşikler, ham bitkilerde bulunanlara göre daha kolay salınabilir ve antioksidan kapasitelerini geliştirebilir. Ek olarak pişirme işlemi, Folin-Ciocalteu reaktifi ile de reaksiyona girebilen bireysel fenolikleri ve/veya fenolik bozunma ürünlerini serbest bırakan karmaşık yapıların kırılmasına neden olabilir (98).

Hwang (2019), çiğ, buharda pişirilmiş ve haşlanmış karnabaharın glikozinolat, polifenol ve flavonoid içeriği ve antioksidan aktivitelerinin araştırdığı çalışmada %80 etanol özütündeki ekstraktların TFM içeriği Folin-Ciocalteu, TAA DPPH ve ABTS yöntemi ile incelenmiştir. Haşlanmış karnabahar, çiğ veya buharda pişirilmiş

karnabahar ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalmış glukozinolat, toplam polifenol ve toplam flavonoid konsantrasyonları elde edilmiştir. TFM (GAE mg/g içeriği çiğ örnekte 35.01 ± 3.04 , buharda pişirilmiş örnekte 20.65 ± 1.39 , haşlanmış örnekte 15.57 ± 0.77 olarak ölçülmüştür. Sonuçlara göre kayıp oranları yüksekten aza olacak şekilde sırasıyla, çiğ, buharda pişirilmiş, haşlanmış karnabahar örnekleri olacak şekilde belirlenmiştir (91). Bu çalışmada da benzer şekilde çiğ örneğin TFM içeriği, pişirilmiş örneklerle göre daha yüksek olup, en yüksek korunma buharda pişirilmiş örneklerde gözlenmiştir. Sebzelerin pişirilmesi sırasında TFM ve TAA kaybını en aza indirmek için buharda pişirme yöntemi tercih edilmelidir.

Managa ve ark. (2019) tarafından Çin lahanasında bulunan fenolik bileşikler, glukozinatlar ve klorofil üzerine farklı asit ortamda (%5, %10 veya %20 limon suyu çözeltilerinde) geleneksel olarak kullanılan haşlama (95°C 'de su, 5 dk), mikrodalgada pişirme (2450 MHz–900 W'ta 5 dk) ve buharda pişirme (100°C 'de 5 dk) işlemlerinin TAA üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada örnekler %80 metanolde ekstrakte edilmiştir. FRAP ve ABTS yöntemi ile TAA'nin bakıldığı çalışmada TAA %5'lik limon suyu ile işleme tabi tutulan ve buharda pişirilen örneklerde en yüksek olarak ölçülmüştür (99). Bu çalışmada ise pişirme işlemleri distile sıcak su ile yapılmış olup, tüm bölümlerde buharda pişirme işleminde çiğ örneğe göre TFM kayıpları en az saptanmıştır.

Korus, Lisiewska (2011) tarafından taze, dondurulmuş ve konserve edilmiş lahana yapraklarında haşlama veya pişirme ve bir yıllık depolama sonrası C vitamini ve TFM ile TAA'nin araştırıldığı çalışmada taze lahana yapraklarında $384,9 \text{ mg}/100 \text{ g}$ polifenol ve $112,1 \text{ mg}/100 \text{ g}$ C vitamini tespit edilmiştir. Lahana yapraklarında tanımlanan polifenoller arasında en yüksek miktarda ferulik asit (toplam polifenollerin %62'sini oluşturan $240.44 \text{ mg}/100 \text{ g}$ bulunmaktadır. Besleyici bileşenlerin kaybı dondurulmuş yapraklarda konserve edilmişlerden daha düşük bulunmuştur. Ön işleme ve depolama sıcaklığına bağlı olarak, bir yıllık depolamadan sonra donmuş yapraklar, 100 g 'da $82.9\text{--}171.3 \text{ mg}$ polifenol ve $39.3\text{--}65,4 \text{ mg}$ C vitamini içerirken, konserve edilmiş yapraklarda $91.3\text{--}94,1 \text{ mg}$ polifenol, $16.1\text{--}19.3 \text{ mg}$ C vitamin tespit edilmiştir (100).

Chen ve ark. (2019), Asya’da yaygın olarak tüketilen yeşil yapraklı bir sebze olan Pak Choi’nin 3 farklı türünde karotenoid, glukozinolat ve fenolik bileşik içeriği üzerine haşlama ve buharda pişirme yöntemlerinin ve iki farklı pişirme süresinin (10-15dk) etkisini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada %60 metanolde ekstrakte edilen çiğ, buharda pişirilmiş ve haşlanmış örneklerin fenolik bileşikleri HPCL ile çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre buharda 15 dk pişirme işlemi uygulanan sebzelerde, haşlama yönteminde 10 dk sürede pişirilen sebzelere göre daha fazla klorofil, glukozinolat, fenolik asit ve flavonoid bileşik tutulumu gözlenmiştir (101). Bu çalışmada da çiğ ve buharda pişirme işlemindeki TFM ve TAA kayıp oranlarının diğer yöntemlere göre pişirilmiş örneklerle göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Silorova ve ark., (2019) farklı coğrafik orijinli patlıcan örneklerindeki klorojenik asitler HPLC ile TAA ABTS yöntemi ile ölçülmüştür. Farklı pişirme prosedürlerinin ve 4°C’de 4 hafta depolama işleminin klorojenik asit içeriği üzerindeki etkisi %50 metanolde ekstrakte edilen örneklerde değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre klorojenik asit içeriği taze numuneler için 18,5–22,3 $\mu\text{mol TE/g km}$, fırınlanmış numuneler için 15,7–21,4 $\mu\text{mol TE/g km}$, kavrulmuş numuneler için 19,2–35,1 $\mu\text{mol TE/g km}$ ve ızgara edilmiş örnekler için 21,1–36,6 $\mu\text{mol TE/g km}$ olarak bulunmuştur. Tüm ısıt işlemler çiğ örneğe göre, fenolik bileşik konsantrasyonuna ve TAA’da artışa yol açmıştır. Çiğ örneğe göre en fazla artış oranı sırasıyla ızgarada pişirilmiş, kavrulmuş ve fırınlanmış örneklerde gözlemlenmiştir (80). Klorojenik asitler enginar da baskın olan fenolik asitlerdir. Bu çalışmada kuru ısıda pişirme yöntemi uygulanmamış, tüm pişirme işlemleri sulu ortamda gerçekleştirilmiştir.

Jimenez ve ark., (2009) enginar, pancar, bakla, brokoli, brüksel lahanası, havuç, karnabahar, kereviz, sarımsak, yeşil fasulye, mısır, bezelye, biber, ıspanak, pazı ve kabak sebzelerine uygulanan haşlama, basınçta pişirme, mikrodalga, fırında pişirme, ızgara ve kızartma işlemlerinin TAA’sinin ABTS yöntemi ile analiz edildiği çalışmada haşlama yöntemi tüm sebzelerde çiğ örneklerle göre sebzelerin TAA de en büyük düşüş göstermiştir. Basınçlı pişirme işleminde sebzelerden sarımsakta

TAA'de kayıp oranı %50, pırasa, mısır, pazı ve kabakta %10-50 oranında belirlenirken, diğer sebzeler TAA değerlerini korumuştur. Mikrodalgada pişirilen sebzelerde, enginar, kuşkonmaz, sarımsak, soğan ve ıspanak TAA'lerini korunurken, patlıcan, mısır, biber ve pazı TAA sini önemli ölçüde artıran sebzeler olmuştur. Izgarada pişirildikten sonra, enginar, pancar, kereviz, patlıcan, sarımsak ve mısır TAA'ni korurken, diğer sebzelerde %5-30 arasında kayıp gözlemlenmiş, yeşil fasulye, pazı, ıspanak, kuşkonmaz, brokoli ve soğan, ızgaradan sonra TAA önemli ölçüde artırmıştır. Özetle, farklı sebzeler ve pişirme uygulamalarında ABTS yöntemi ile TAA kayıp oranları, en fazla sarımsak ve en az enginarla ölçülmüştür (102).

Bu çalışmada enginarın çiğ örneğine göre pişirme yöntemlerinde kalp bölümünde TAA kayıp oranları haşlama yönteminde $50,88 \pm 28,67$, buharda pişirmede $27,09 \pm 13$, basınçta pişirmede $3,13 \pm 5,97$, mikrodalgada pişirmede $25,15 \pm 11,29$; sap bölümünde TAA kayıp oranları haşlama yönteminde $22,12 \pm 7,35$, buharda pişirmede $4,76 \pm 4,35$, basınçta pişirmede $7,14 \pm 31,3$, mikrodalgada pişirmede $26,49 \pm 0,04$ olarak; iç brakte bölümünde TAA kayıp oranları haşlama yönteminde $69,62 \pm 8,8$, buharda pişirmede $5,18 \pm 16,94$, basınçta pişirmede $42,5 \pm 19$, mikrodalgada pişirmede $35,46 \pm 3,99$ olarak ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre pişirme yöntemine göre bölümler arasında en yüksek TAA kaybı haşlama yönteminde çoktan aza doğru iç brakte, kalp, sap olarak, en az kayıp oranları ise buharda pişirme yönteminde çoktan aza olacak şekilde kalp, iç brakte, sap şeklinde sıralanmaktadır.

Guillén ve ark., (2017) enginar, yeşil fasulye, brokoli ve havuçta renk, pigment, total fenolik içerik ve antioksidan aktivite üzerine farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, sous vide) ve farklı pişirme sürelerinin etkisi %80 metanolde ekstrakte edilen örneklerde çalışılmıştır. TFM içeriği çiğ örneklerde brokoli, yeşil fasulye, enginar ve havuçta sırasıyla 25.8 ± 0.7 , 70.5 ± 1.9 , 234.4 ± 6.8 ve $63.8 \pm 1,8$ GAE mg/100 g'dır. Enginar, hem başlangıç fenolik konsantrasyonu en yüksek, hem de farklı pişirme yöntemlerinde en büyük kayıplara sahip sebze olup, haşlanmış örneklerde kayıp %94,9'a varan değerlere ulaşmaktadır. İncelenen tüm sebzeler için sous-vide pişirme yönteminin TFM üzerinde olumlu bir etkisi görülmüştür. Bunun

nedeni, yüksek sıcaklık dereceleri ve suya direkt temasın olduğu ortamların fenolik bileşikler üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmasıdır (103). Bu çalışmada da tüm pişirme işlemleri sulu ortamda gerçekleştirilmiş olup, haşlama yönteminde TFM’de kayıp oranları özellikle kalp bölümünde %50’den fazla saptanmıştır. Buharda pişirme yönteminde diğer yöntemlere göre bir artış olsa da kazanım oranları istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır.

Turkmen ve ark. (2005), taze kabak üzerinde haşlama, buharda ve mikrodalgada pişirme işlemlerinin, pişirme sırasında fenolik parçalanmaya bağlı olarak TFM’inde önemli bir azalma olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, haşlama sonrasında buharda pişirme işleminden daha fazla polifenol kaybı olmuştur. Pişirme yöntemleri açısından bakıldığında bu çalışmanın verileri, Türkmen ve ark.’nın çalışması ile uyumlu bulunmuştur (104).

Djermoune ve ark. (2019), Cezayir’de halkın beslenmesinde önemli bir yer tutan domatese uygulanan kızartma, fırında ve ızgara pişirme sonucu taze domates örneğine göre nem, C vitamini, toplam fenolik, toplam flavonoid, toplam antosiyanin değerlerini incelemiştir. Tüm pişirme yöntemlerinde C vitamini ve karotenoidlerde taze örneğe göre azalma tespit edilirken, toplam fenolik, toplam flavonoid ve antosiyaninlerde, antioksidan aktivitede artış olmuştur. Taze ve pişmiş domates meyve ekstraktlarının antioksidan kapasitesini değerlendirmek için üç yöntem (DPPH, ABTS ve FRP) kullanılmıştır. Isıl işlem, özellikle kızartma, ızgara ve fırınlama, büyük bir C vitamini, toplam karotenoid kaybına yol açmıştır. Antioksidan aktiviteleri ile ilgili olarak, incelenen domates örnekleri çoktan aza olacak şekilde kızartılmış, fırınlanmış, ızgara, taze olarak sıralanmıştır. Kızartılmış domateslerin antioksidan özelliklerinin taze domates örneklerinden daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Pişmiş domates meyvesinin antioksidan aktivitesi, pişirme işleminin yöntemine, süresine ve/veya sıcaklığına bağlıdır (105). Bu çalışmada tüm pişirme yöntemlerinde çiğ örneklerin TAA si pişirilmiş örneklerden fazladır. Bu durum sebzelerin fenolik bileşik içeriğindeki farklılık olabilir.

Salata ve Gruszecki (2010) tarafından yapılan çalışmada enginar bitkisinin generative ve vejetatif dönemlerinde farklı bölümlerinde polifenolik bileşiklerin içeriği açısından önemli farklılıklar olduğu gösterilmiştir. Toplam fenolik asit, vejetatif büyüme sırasında yapraklarda (ortalama %3.167) ve generatif büyüme sırasında genç, olgunlaşmamış başlarda (ortalama %3.730) birikmiştir. Polifenolik asitler arasında klorojenik asit ve sinarin ana bileşiklerdir. Çiçeklenme başlangıcında genç olgunlaşmamış enginar tomurcuklarının olgun başaklardan daha fazla klorojenik asit ve sinarine sahip olması nedeniyle polifenolik asitlerin içeriği bitkilerin yaşıyla birlikte azalmaktadır (106).

Enginar bitkisinin TFM ve TAA sini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmesinin önemli nedenlerinden biri de bitkinin büyüme dönemlerinde tüm bölümlerin farklı içerik ve miktarlarda polifenolik bileşik içermesidir.

6 SONUÇ

Bitkisel kaynaklı gıdalar, beslenmemizde biyoaktif bileşiklerin en önemli kaynaklarıdır. Meyveler genel olarak çiğ tüketilebilmelerine karşılık, sebzelerin çoğunluğu pişirilerek tüketilmektedir. Pişirme yöntemleri ülkelere, tüketim alışkanlıklarına ve sebzenin çeşidine göre değişmektedir. Bitkisel kaynaklı biyoaktif bileşikler tüm bitkilerde farklı tür ve miktarlarda bulunmaktadır. Genel olarak sebzelerin hücre duvarlarında vakuollerinde çözünabilir ve çözünemez bileşikler halinde bulunan fitokimyasalların ısı, ışık, oksijen, pişirme ortamı, pişirme süresi vb. durumlarda stabiliteleri farklıdır. Bitkilerin bileşiminde bulunan fitokimyasal bileşiklerin ayrıntılı analizi yapılarak çözünür-çözünmez bileşikler tanımlanmalıdır.

Polifenollerin genellikle olumsuz sıcaklıklar, ışık, pH vb. dahil olmak üzere olumsuz çevresel koşullarından etkilendiği, bu nedenle ürün işleme ve depolama sırasında parçalayıcı reaksiyonlara duyarlı olduğu bilinmektedir.

Çoğu durumda, ısıtma fenolik bileşiklerin azalmasına neden olur, ancak bazen fenoliklerin konsantrasyonu taze bitki materyaline göre artabilir. Pişirme tekniğinin etkisi, işlemin yapıldığı gıdanın kutupsallığına bağlıdır, pişirme sırasındaki fenolik miktarının azalması aynı zamanda su ve sebze arasındaki orana, pişirme süresine ve gıdanın yüzey büyüklüğüne bağlıdır. Bitkilerin bileşimlerinde bulunan fitokimyasalların hazırlama pişirme süreçlerinde korunabilmesi için farklı sebzelere uygun hazırlama ve pişirme prosedürleri hazırlanmalıdır.

Sebzeler, basınçlı pişirme, mikrodalgada pişirme, fırınlama, ızgarada pişirme, derin pişirme gibi pişirme işlemlerine tabi tutulduğunda, antioksidan aktivitelerinde veya serbest radikal süpürme kapasitelerinde farklılıklar ortaya çıkar. Bu varyasyonlar, sebzelerin çeşidine (biyoaktif yapılar), pişirme yöntemine, fenoliklerin biyoyararlanımına, sıcaklığa, biyoaktif bileşiklerin sebzelerdeki lokalizasyonuna, bileşiklerin sinerjik etkisine, parçalama işlemlerine, bitkinin stabilitesine ve analizde kullanılan reaksiyon yöntemlerine göre değişebilmektedir.

Isıl işlem sırasında, pektik polisakkaritlerin çözünmesi ve depolimerizasyonu gibi hücre duvarı ve orta lamel bileşenlerini etkileyen ve böylece meyve ve sebzelerin sertliğinde büyük bir değişiklikle sonuçlanan bir dizi kimyasal reaksiyon meydana gelir. Sebzelerin hazırlanması ve pişirilmesi sırasında fenolik bileşiklerin bozunmasını ve oksidasyonu önlemek için asit ortam, ön pişirme işlemleri gibi prosedürler uygulanabilir.

Genel olarak sebze ve meyvelerin nutrasötik özelliklerini korumak fenolik bileşiklerin ve antioksidan bileşenlerin daha yüksek tutulmasını sağlamak için buharda ve mikrodalga pişirme yöntemleri uygulanmalıdır.

Klorojenik asitlerin ortoftalik karboksilik yapısının, yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi altında çözülmesinin çok kolay olduğunu ve bunun antioksidan aktiviteyi azalttığını gösteren çalışmaların sonuçlarına göre bileşiminde yoğun olarak klorojenik asitleri içeren bitkilerde TFM ve TAA yi korumak için yüksek sıcaklık ve uzun süreli ısıtılma işlemlerden kaçınılması gerekmektedir.

Sonuç olarak fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilen enginar bitkisinin beslenmemizde etkili bir şekilde kullanılabilmesi için öncelikle ülkemizde yetişen enginar çeşitlerinin genotiplerine, büyüme dönemlerine, hasat edilme zamanlarına göre toplam fenolik madde ve içermiş oldukları fenolik bileşiklerin ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Pişirme yöntem ve sürelerine TFM ve TAA içerikleri araştırılmasının önemi yüksek olmakla beraber, pişirme yöntemleri ve sürelerinde bir standardizasyon işleminin uygulanması zordur. Bu nedenle sağlığa pozitif etkisi kanıtlanmış olan fenolik bileşiklerin ısıtılma işlemlere duyarlılığı üzerine yapılan çalışma sonuçları daha doğru olacaktır.

Bu çalışmanın verilerine göre sap iç kısmının toplam fenolik içeriği kalp ve iç brakte kısımlarından fazladır. Enginarın sap, iç brakte ve kalp kısmı birlikte ve buharda pişirilmelidir. Ülkemizde enginar bitkisinin genel olarak kalp kısmı tüketilmekte sap ve iç brakte kısımları atık olmaktadır. Bu tüketim alışkanlığının

değişmesi sap iç kısmının ve iç brakte yaprakların tüketiminin yaygınlaşması önemlidir.

Bu çalışma ülkemizde yapılan sınırlı sayıda çalışmalardan biridir. Bu çalışmada elde edilen verilerin diğer çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.



7 KAYNAKLAR

1. Kasnak C, Palamutoğlu R. Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkileri. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2015;3(5):226–34.
2. Lindley MG. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. *Food Sci & Technology*. 1998;9 (The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables):336–40.
3. Ben Salem M, Affes H, Athmouni K, Ksouda K, Dhoubi R, Sahnoun Z, et al. Chemicals Compositions, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity of *Cynara scolymus* Leaves Extracts, and Analysis of Major Bioactive Polyphenols by HPLC. *Evidence-based Complement Altern Med*. 2017.
4. Güleşçi N. Beslenmede yer alan antioksidan ve fenolik madde içerikli çerezler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilim Dergisi*. 2016;5(1):109–29.
5. Ötünçtemur A, Çakır SS, Polat EC, Özbek E. Varikozel ve oksidatif stres. *Türkiye Klinikleri J Urology-Special Topics* 2012;5(3):25-37.
6. Akagün G. Alabaş (*Brassica oleracea* var.*Gongylodes*) Bitkisinin antioksidan aktivitesinin incelenmesi. Y.Lisans tezi. Edirne ,Trakya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü. 2009. (Danışman Doç.Dr. Yağar H.)
7. Russo G, Curcio F, Bulli G, Aran L, Della-morte D, Testa G, et al. Oxidative Stress and Diseases. *Clinical Interventions in Aging* 2018;13 757–772.
8. Phaniendra A, Jestadi DB, Periyasamy L. Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases. *Indian J Clin Biochem*. 2015;30(1):11–26.
9. Lushchak V.I. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chem Biol Interact*. 2014;224 (October):164–75. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>
10. Srivibulkovit KS, Ouanthavong SN, Ameenoi YS. Paper-based DPPH Assay for Antioxidant Activity Analysis, *Kitima Anal Siences*. 2018;34(July):795–800.
11. Salekzamani S, Ebrahimi-Mameghani M, Rezazadeh K. The antioxidant activity of artichoke (*Cynara scolymus*): A systematic review and meta-analysis of animal studies. *Phytotherapy Research*. 2019.(33) p. 55–71.
12. Kochman J, Jakubczyk K, Bargiel P, Janda-Milczarek K. The influence of oxidative stress on thyroid diseases. *Antioxidants*. 2021;10(9):1–11.
13. Di Marzo N, Chisci E, Giovannoni R. The role of hydrogen peroxide in redox-dependent signaling: Homeostatic and pathological responses in mammalian cells. *Cells*. 2018;7(10):1. – 16 of 16.
14. Jeon IH, Kim HS, Kang HJ, Lee HS, Jeong S Il, Kim SJ, et al. Anti-inflammatory and antipruritic effects of luteolin from perilla (*P. frutescens* L.) leaves. *Molecules*. 2014;19(6):6941–51.

15. Lombardo S, Pandino G, Mauro R, Mauromicale G. Variation of phenolic content in globe artichoke in relation to biological, technical and environmental factors. *Ital J Agron.* 2009;4(4):181–9.
16. Nayak B, Liu RH, Tang J. Effect of Processing on Phenolic Antioxidants of Fruits, Vegetables, and Grains—A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2015;55(7):887–918.
17. Anku WW, Mamo MA, Govender PP. Phenolic Compounds in Water: Sources, Reactivity, Toxicity and Treatment Methods. *Phenolic Compounds in Water: Sources, Reactivity, Toxicity and Treatment Methods .Intech.* 2017.
18. Uyar BB, Gezmen- KM.,Şanlıer N.,Günyel S. Toplumumuzda sıklıkla kullanılan bazı bitkilerin toplam fenolik madde miktarlarının saptanması. *Gıda.* 2013;38(1):23–9.
19. Stalikas CD. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J Sep Sci.* 2007;30(18):3268–95.
20. Minatel IO, Borges CV, Ferreira MI, Gomez HAG, Chen C-YO, Lima GPP. Phenolic Compounds: Functional Properties, Impact of Processing and Bioavailability. In *Tech*; 2017. p. 3–25.
21. Shahidi F, Yeo JD. Insoluble-bound phenolics in food. *Molecules.* 2016 ; 21
22. Petrusa E, Braidot E, Zancani M, Peresson C, Bertolini A, Patui S, et al. Plant flavonoids-biosynthesis, transport and involvement in stress responses. *Int J Mol Sci.* 2013;14(7):14950–73.
23. Barracosa P, Barracosa M, Pires E. Cardoon as a Sustainable Crop for Biomass and Bioactive Compounds Production. *Chem Biodivers.* 2019;16(12).
24. Meyer, D.; Pajonk, S.; Micali, C.; O’Connell, R.; Schulze-Lefert P. Extracellular transport and integration of plant secretory proteins into pathogen-induced cell wall compartments. *Plant J.* 2009;57(6):986–99.
25. Zhao J, Dixon RA. The ‘ins’ and ‘outs’ of flavonoid transport. *Trends Plant Sci.* 2010;15(2):72–80.
26. Huang WY, Cai YZ, Zhang Y. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: Potential use for cancer prevention. 2010. *Nutrition and Cancer.* 2010. 62 p. 1–20.
27. Ozcan T, Akpinar-Bayazit A, Yilmaz-Ersan L, Delikanli B. Phenolics in Human Health. *Int J Chem Eng Appl.* 2014. 5(5):393–6.
28. Arnayak B. Effect of Thermal Processing on the Phenolic Antioxidants of Colored Potatoes. Washington State University. Doktora tezi. 2011; (Juming Tang)
29. Ali F, Rahul, Naz F, Jyoti S, Siddique YH. Health functionality of apigenin: A review. *Int J Food Prop.* 2017;20(6):1197–238.
30. Uluad A. Enginar (Cynara Scolymus L.) yaprağında fenolik madde tayini. Uludağ Üniversitesi; Yüksek Lisans, Bursa. 2017. (Doç. Dr. Şahin S.)
31. Luo Y, Shang P, Li D. Luteolin: A Flavonoid that has multiple cardio-protective effects and its molecular mechanisms. *Front Pharmacol.* 2017;8:1–10.
32. İnanç N, Tuna Ş. Fitoöstrojenler ve sağlıktaki etkileri. *Erciyes Üniversitesi Vet Fakültesi Derg.* 2005;2(2):91–5.

33. Zhang L, Xu Z. Coumarin-containing hybrids and their anticancer activities. *Eur J Med Chem.* 2019;181:111587. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.111587>
34. Ünver E, Okur AA, Tahtabiçen E, Kara B, Şamlı HE. Tanenler ve Hayvan Besleme Üzerine Etkileri. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2014;2(6):263–7.
35. Aydın F.. Tanenler kimyasal yapıları, farmakolojik etkileri, analiz yöntemleri .İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg. 2007;33(1):21–5.
36. Adamczyk B, Simon J, Kitunen V, Adamczyk S, Smolander A. Tannins and Their Complex Interaction with Different Organic Nitrogen Compounds and Enzymes: Old Paradigms versus Recent Advances. *Chemistry Open.* 2017;6(5):610–4.
37. Khanbabaee K, van Ree T. Tannins: Classification and definition. *Nat Prod Rep.* 2001;18(6):641–9.
38. Brglez Mojzer E, Knez Hrnčič M, Škerget M, Knez Ž, Bren U. Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. *Molecules.* 2016;21(7).
39. Salem M Ben, Affes H, Ksouda K, Dhouibi R, Sahnoun Z, Hammami S, et al. Pharmacological Studies of Artichoke Leaf Extract and Their Health Benefits. *Plant Foods Hum Nutr.* 2015;70(4):441–53.
40. Lattanzio V, Kroon PA, Linsalata V, Cardinali A. Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients. *J Funct Foods.* 2009 ;1(2):131–44.
41. De Falco B, Incerti G, Amato M, Lanzotti V. Artichoke: botanical, agronomical, phytochemical, and pharmacological overview. *Phytochem Rev.* 2015;14(6):993–1018.
42. Francois LE. Salinity Effects on Bud Yield and Vegetative Growth of Artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Hortscience.* 1995.30(1):69-71.
43. Pandino G, Lombardo S, Lo Monaco A, Mauromicale G. Choice of time of harvest influences the polyphenol profile of globe artichoke. *J Funct Foods.* 2013;5(4):1822–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.001>
44. Bekheet S, Sota V. Biodiversity and medicinal uses of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) plant. *J Biodivers Conserv Bioresour Manag.* 2019 Jul 13;5(1):39–54.
45. Bektaş ZK, Saner G. Türkiye ‘de Enginar Üretimi ve Pazarlaması. 2013;128:115–28.
46. Özzambak E., Uğur A. ZE. Enginar yetiştiriciliği ve enginarın sağlık açısından önemi *Hasad aylık tarım dergisi.* 2006,21. s 4-8
47. Maietta M, Colombo R, Lavecchia R, Sorrenti M, Zuorro A, Papetti A. Artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus*) waste as a natural source of carbonyl trapping and antiglycative agents. *Food Res Int.* 2017;100 (August):780–90.
48. Gostin AI, Waisundara VY. Edible flowers as functional food: A review on artichoke (*Cynara cardunculus* L.). *Trends Food Sci Technol.* 2019;86 (August 2018):381–91. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.015>

49. El Sayed AM, Hussein R, Motaal AA, Fouad MA, Aziz MA,. Artichoke edible parts are hepatoprotective as commercial leaf preparation. *Rev Bras Farmacogn.* 2018;28(2):165–78. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.01.002>
50. Domínguez-Fernández M, Irigoyen Á, Vargas-Alvarez M de los A, Ludwig IA, De Peña MP, Cid C. Influence of culinary process on free and bound (poly)phenolic compounds and antioxidant capacity of artichokes. *Int J Gastron Food Sci.* 2021;25.
51. Lombardo S, Pandino G, Mauromicale G, Knödler M, Carle R, Schieber A. Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori]. *Food Chem.* 2010;119(3):1175–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.033>
52. Dias MI, Barros L, Barreira JCM, Alves MJ, Barracosa P, Ferreira. Phenolic profile and bioactivity of cardoon (*Cynara cardunculus* L.) inflorescence parts: Selecting the best genotype for food applications. *Food Chem.* 2018;268 (3):196–202.
53. Alcázar Magaña A, Kamimura N, Soumyanath A, Stevens JF, Maier CS. Caffeoylquinic acids: chemistry, biosynthesis, occurrence, analytical challenges, and bioactivity. *The Plant Journal* (2021) doi: 10.1111/tpj.15390
54. Wianowska D, Gil M. Recent advances in extraction and analysis procedures of natural chlorogenic acids. *Phytochem Rev.* 2019;18(1):273–302. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9592-y>
55. Gouveia SC, Castilho PC. Phenolic composition and antioxidant capacity of cultivated artichoke, Madeira cardoon and artichoke-based dietary supplements. *Food Res Int.* 2012;48(2):712–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.05.029>
56. Lin Y, Shi R, Wang X, Shen H-M. Luteolin, a Flavonoid with Potential for Cancer Prevention and Therapy. *Curr Cancer Drug Targets.* 2008;8(7):634–46.
57. Seelinger G, Merfort I, Wölfl U, Schempp CM. Anti-carcinogenic effects of the flavonoid luteolin. *Molecules.* 2008;13(10):2628–51.
58. Xu H, Linn B, Zhang Y, Ren J. A Review on the Antioxidative and Prooxidative Properties of Luteolin. *React Oxyg Species.* 2019;7(21):136–47.
59. Imran M, Rauf A, Abu-Izneid T, Nadeem M, Shariati MA, Khan IA, et al. Luteolin, a flavonoid, as an anticancer agent: A review. *Biomed Pharmacother.* 2019;112
60. Lattanzio V, Cicco N, Linsalata V. Antioxidant activities of artichoke phenolics. In: *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science; 2005. p. 421–8.
61. Fischer N, Seo EJ, Efferth T. Prevention from radiation damage by natural products. *Phytomedicine.* 2018;47:192–200.
62. Lupattelli G, Marchesi S, Lombardini R, Roscini AR, Trinca F, Gemelli F, et al. Artichoke juice improves endothelial function in hyperlipemia. *Life Sci.* 2004;76(7):775–82.
63. Santos HO, Bueno AA, Mota JF. The effect of artichoke on lipid profile: A review of possible mechanisms of action. *Pharmacol Res.* 2018;137(October):170–8.

64. Nazni P, Poongodi Vijayakumar T, Alagianambi P, Amirthaveni M. Hypoglycemic and hypolipidemic effect of *Cynara scolymus* among selected type 2 diabetic individuals. *Pakistan J Nutr.* 2006;5(2):147–51.
65. Managa MG, Mpai S, Remize F, Garcia C, Sivakumar D. Impact of moist cooking methods on colour, anti-nutritive compounds and phenolic metabolites in African nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.). *Food Chem.* 2020;325 (November 2019):126805.
66. Colantuono A, Ferracane R, Vitaglione P. Potential bioaccessibility and functionality of polyphenols and cynaropicrin from breads enriched with artichoke stem. *Food Chem.* 2018 Apr 15;245(245):838–44.
67. Santos HO, Bueno AA, Mota JF. Antioxidant response to artichoke leaf extract supplementation in metabolic syndrome: A double-blind placebo-controlled randomized clinical trial. *Clin Nutr.* 2018;37(3):790–6.
68. Salekzamani S, Ebrahimi-Mameghani M, Rezazadeh K. The antioxidant activity of artichoke (*Cynara scolymus*): A systematic review and meta-analysis of animal studies. *Phyther Res.* 2019;33(1):55–71.
69. Valerio F, De Bellis P, Lonigro SL, Morelli L, Visconti A, Lavermicocca P. In vitro and in vivo survival and transit tolerance of potentially probiotic strains carried by artichokes in the gastrointestinal tract. *Appl Environ Microbiol.* 2006;72(4):3042–5.
70. Samanta AK, Jayapal N, Senani S, Kolte AP, Sridhar M. Prebiotic inulin: Useful dietary adjuncts to manipulate the livestock gut microflora. *Brazilian J Microbiol.* 2013;44(1):1–14.
71. Costabile A, Kolida S, Klinder A, Gietl E, Buerlein M, Frohberg C, et al. A double-blind, placebo-controlled, cross-over study to establish the bifidogenic effect of a very-long-chain inulin extracted from globe artichoke (*Cynara scolymus*) in healthy human subjects. *Br J Nutr.* 2010;104(7):1007–17.
72. Büyüktuncel E. Main spectrophotometric methods for the determination of total phenolic content and antioxidant capacity. *Marmara Pharm J.* 2013;17(2):93–103.
73. Horasan B. Türkiye’de yaygın olarak tüketilen kuru kırmızı meyvelerin içerdiği antioksidan maddelerin biyoerişilebilirliğinin incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi.Yüksek lisans. İstanbul 2015. (Doc. dr. Güven E.)
74. Tuba Ö. Mor Havuç, Konsantresi, Şalgam Suyu, Nar Suyu ve Nar Ekşisi Ürünlerinde Antioksidan Aktivitesi Tayini ve Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi. 2006.
75. Yılmaz A, Doç D, Karacabey E. Kiraz Saplarından (*Prunus avium* L.) Farklı Teknikler ile Biyoaktif Bileşiklerin Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu. T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2020.
76. Eruçar S. Bazı bitkisel çayların fenolik madde profili ve antioksidan aktiviteleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.Yüksek lisans tezi.İstanbul 2006. (Prof.Dr. BoyacıoğluD.)
77. Prior RL, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem.* 2005;53(10):4290–302.

78. Ajila CM, Brar SK, Verma M, Tyagi RD, Godbout S, Valéro JR. Extraction and Analysis of Polyphenols: Recent trends. *Crit Rev Biotechnol*. 2011;31(3):227–49.
79. Rothwell JA, Medina-Remón A, Pérez-Jiménez J, Neveu V, Knaze V, Slimani N, et al. Effects of food processing on polyphenol contents: A systematic analysis using Phenol-Explorer data. *Mol Nutr Food Res*. 2015;59(1):160–70.
80. Šilarová P, Boulekbache-Makhlouf L, Pellati F, Česlová L. Monitoring of chlorogenic acid and antioxidant capacity of *Solanum melongena* L. (eggplant) under different heat and storage treatments. *Antioxidants*. 2019;8(7):1–11.
81. Iborra-Bernad C, García-Segovia P, Martínez-Monzó J. Physico-Chemical and Structural Characteristics of Vegetables Cooked Under Sous-Vide, Cook-Vide, and Conventional Boiling. *J Food Sci*. 2015;80(8):E1725–34.
82. Palermo M, Pellegrini N, Fogliano V. The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *J Sci Food Agric*. 2014;94(6):1057–70.
83. Ito H, Kikuzaki H, Ueno H. Effects of cooking methods on free amino acid contents in vegetables. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2019;65(3):264–71.
84. Meral R. Farklı Isıl İşlem Uygulamalarının Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi/ Journal of The Institute of Natural & Applied Sciences*. 2016. 21 (1):55-67.
85. Ioannou I., Ghoul M. Prevention of Enzymatic Browning in Fruits and Vegetables. *European Scientific Journal*. 2013.9(30)
86. Yamaguchi T, Mizobuchi T, Kajikawa R, Kawashima H, Miyabe F, Terao J, et al. Radical-Scavenging Activity of Vegetables and the Effect of Cooking on Their Activity. *Food Sci Technol Res*. 2001;7(3):250–7.
87. Murador D, Braga AR, Da Cunha D, De Rosso V. Alterations in phenolic compound levels and antioxidant activity in response to cooking technique effects: A meta-analytic investigation. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2018;58(2):169–77.
88. Singleton VL, Rossi JAJ. Colorimetry to total phenolics with phosphomolybdic acid reagents. *Am J Enol Vinic*. 1965;16(48):144–58.
89. Falleh H, Ksouri R, Chaieb K, Karray-Bouraoui N, Trabelsi N, Boulaaba M, et al. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus - Biol*. 2008;331(5):372–9.
90. Tokuşoğlu Ö. Cynarin, Chlorogenic and Caffeic Acid Flavonoids, Cyanidin, Peonidin Anthocyanidins in Head, Heart, Bractes of Artichokes as Antioxidative Quality Indicators: Alterations By Boiling, Steaming and Frying. 2021;4(9):309–37.
91. Hwang ES. Effect of cooking method on antioxidant compound contents in cauliflower. *Prev Nutr Food Sci*. 2019;24(2):210–6.
92. Pandino G, Lombardo S, Mauromicale G, Williamson G. Profile of polyphenols and phenolic acids in bracts and receptacles of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) germplasm. *J Food Compos Anal*. 2011;24(2):148–53.

93. Juárez I, Ludwig IA, Huarte E, Pereira-Caro G, Moreno-Rojas JM, Cid C, et al. Influence of heat treatment on antioxidant capacity and (poly)phenolic compounds of selected vegetables. *Food Chem.* 2016;197:466–73.
94. Vinha AF, Alves RC, Barreira SVP, Costa ASG, Oliveira MBPP. Impact of boiling on phytochemicals and antioxidant activity of green vegetables consumed in the Mediterranean diet. *Food Funct.* 2015;6(4):1157–63.
95. Eyarkai Nambi V, Gupta RK, Kumar S, Sharma PC. Degradation kinetics of bioactive components, antioxidant activity, colour and textural properties of selected vegetables during blanching. *J Food Sci Technol.* 2016;53(7):3073–82.
96. Giallourou N, Oruna-Concha MJ, Harbourn N. Effects of domestic processing methods on the phytochemical content of watercress (*Nasturtium officinale*). *Food Chem.* 2016;212:411–9.
97. Vallejo F, Tomás-Barberán FA, García-Viguera C. Phenolic compound contents in edible parts of broccoli inflorescences after domestic cooking. *J Sci Food Agric.* 2003;83(14):1511–6.
98. Lutz M, Henríquez C, Escobar M. Chemical composition and antioxidant properties of mature and baby artichokes (*Cynara scolymus* L.), raw and cooked. *J Food Compos Anal.* 2011;24(1):49–54.
99. Managa MG, Remize F, Garcia C, Sivakumar D. Effect of moist cooking blanching on colour, phenolic metabolites and glucosinolate content in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. Sub Sp. *Chinensis*). *Foods.* 2019;8(9).
100. Korus A, Lisiewska Z. Effect of preliminary processing and method of preservation on the content of selected antioxidative compounds in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) leaves. *Food Chem.* 2011;129(1):149–54. A
101. Chen X, Hanschen FS, Neugart S, Schreiner M, Vargas SA, Gutschmann B, et al. Boiling and steaming induced changes in secondary metabolites in three different cultivars of pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). *Journal of Food Composition and Analysis.* 2019. 82, 1-36
102. A.M. Jim'Énez-Monreal, L.Garc'la-Diz, M.Mart'Ínez-Tom' E, M.Mariscal Amam. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *J Food Sci.* 2009;74(3):97–103.
103. Guillén S, Mir-Bel J, Oria R, Salvador ML. Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. *Food Chem.* 2017;217:209–16.
104. Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem.* 2005;93(4):713–8.
105. Djermoune LA, Bellili S, Khenouche L, Benmeziene F, Madani K, Makhoul LB. Effect of Domestic Cooking on Physicochemical Parameters, Phytochemicals and Antioxidant Properties of Algerian Tomato (*Solanum Lycopersicum* L. Var. *Marmande*). *J Food Technol Res.* 2019;6(1):1–17.

106. Sałata A, Gruszecki R. The quantitative analysis of poliphenolic compounds in different parts of the artichoke (*Cynara scolymus* L.) depending on growth stage of plants. Quant Anal poliphenolic Compd Differ parts artichoke (*Cynara scolymus* L) depending growth stage plants. 2010;09(3):175–81.



8 EKLER

EK 1. Enginarların Pişirme İşlemleri İçin Hazırlanması



Çalışma ortamı



Ayıklanıp yıkanan enginarların kurutulması



Dış brakte yapraklarının ayrılmış hali



Sap kısmının ayrılmış hali



Kalp –iç brakte kısım



Kalbin ipliksi kısımları temizlenmemiş hali



İç ve dış braktelerin karıştırılmış hali



Piştirilen bölümlerin blendrize edilmiş ve vakumlanmış hali



Piştirilen bölümlerin blendrize edilmiş ve vakumlanmış hali



10. Aliminyum folyo ile sarılmış ve etiketlenmiş hali



11. derin dondurucuda muhafaza

Tüm çalışma örnekleri ekstrakte işlemlerine kadar – 18 derecede tutulmuştur.

EK 2. Ölçümlerde Kullanılan Ekstraktlar



Antioksidan aktivite ölçümü için kullanılan ekstraktlar



Toplam fenolik madde ölçümü için kullanılan ekstraktlar



Toplam fenolik madde ölçümleri için örnek çözeltilerin etüvde bekletilmesi

9 ÖZGEÇMİŞ



