T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI ANA BİLİM DALI

BORAGO OFFİCİNALİS (HODAN) YAPRAĞI ÖZÜTÜNÜN BALIK YAĞI OKSİDASYONU ÜZERİNE KORUYUCU ETKİSİ

ÖZLEM HASDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. OSMAN SABRİ KESBİÇ

2021
KASTAMONU

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Özlem HASDEMİR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BORAGO OFFİCİNALİS (HODAN) YAPRAĞI ÖZÜTÜNÜN BALIK YAĞI OKSİDASYONU ÜZERİNE KORUYUCU ETKİSİ

ÖZLEM HASDEMİR

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN:DOÇ. DR. OSMAN SABRİ KESBİÇ

Yapılan çalışma halk arasında hodan ya da ıspıt adıyla bilinen *Borago officinalis* bitkisi yapraklarından elde edilen uçucu özütün (HUY) uçucu bileşenlerini belirlemek ve balık yağı termal oksidasyonu sırasında antioksidan etkisini ölçmektir. Bu maksatla hodan bitkisi mevsiminde (Haziran 2020) Kastamonu semt pazarından satın alınmış ve literatürde bildirilen yöntemlerle uçucu özüt madde elde edilmiştir. Elde edilen ürünün uçucu bileşenlerini tespit etmek için gaz kromotografisi, kütle spektrometresinde analiz edilmiş, analiz neticesinde elde edilen kromotogram W9N11 kütüphanesiyle karşılaştırılmıştır. Uçucu bileşen analizi neticesinde elde edilen ürünün uçucu bileşenlerinin %96,81'i karakterize edilebilmiştir. Yapılan analiz neticesinde ürünün majör bileşenleri %28,59 konsantrasyonla Benzeneacetaldehyde ve %13,60 konsantrasyonla Linalool olmuştur. Ürün ile yapılan 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) analizi neticesinde antioksidan etkiliğinin varlığıtespit edilmiştir. Yapılan analiz neticesinde % 50 inhibitör konsantrasyonu değeri (IC50) 7432,45 ppm olarak tespit edilmiştir. Ürünün balık yağı oksidasyonu üzerine koruyucu etkisini tespit etmek için balık yağına sırasıya %0 (HUY0), 0,1 (HUY0,1), 0,5 (HUY0,5), 1 (HUY1) ve 3 (HUY3) oranlarında HUY eklenmiş ve deney grupları 70 °C'de 24 saat boyunca sürekli havalandırma ile oksidasyona tabii tutulmuştur. Oksidasyon çalışması neticesinde HUY ilavesinin balık yağı oksidasyonunu baskıladığı, üründeki oksidasyon radikallerinin HUY konsantrasyonuna bağlı olarak önemli ölçüde azaldığı ($P<0,05$) tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma bulgularına göre %1 oranında HUY lavesinin balık yağını sıcaklık ve havalandırmaya bağlı oksidasyonunu en aza indirgeyen çalışma grubu olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: *Borago officinalis,* hodan, ıspıt, uçucu özüt, DPPH, balık yağı, antioksidan.

Eylül 2021, 48 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

ANTIOXIDANT EFFECT OF BORAGE OFFICINALIS LEAF EXTRACT ON FISH OIL OXIDATION

ÖZLEM HASDEMİR

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE AND NATURAL PLANT RESOURCES
SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. OSMAN SABRİ KESBİÇ

Aim of the study was to determine the volatile components of the volatile extract (HUY) obtained from the leaves of the *Borago officinalis* plant, commonly known as hodan or ıspıt, and to measure its antioxidant effect during thermal oxidation of fish oil. These purposes were purchased from the Kastamonu local market during the borage plant season (June 2020) and volatile extract was obtained by methods reported in the literature. In order to detect the volatile components of the resulting product, gas chromatography was analyzed in mass spectrometry and the chromotogram obtained as a result of the analysis was compared with the W9N11 library. 96.81% of the product obtained by volatile component analysis was identified. As a result of the analysis, the main components of the product were Benzeneacetaldehyde with a concentration of 28.59% and Linalool with a concentration of 13.60%. As a result of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) analysis with the product, the presence of antioxidant effectiveness was confirmed. As a result of the analysis, 50% inhibitor concentration (IC50) was determined as 7432.45 ppm. In order to determine the protective effect of the product on fish oil oxidation, HUY was added to fish oil in 0% (HUY0), 0.1 (HUY0, 1), 0.5 (HUY0, 5), 1 (HUY1) and 3 (HUY3) ratios, and the experimental groups were continuously ventilated at 70 °C for 24 hours. As a result of the oxidation study, it was found that the addition of HUY suppresses the oxidation of fish oil, and the oxidation radicals in the product significantly decrease depending on the concentration of HUY ($P<0.05$). As a result, according to the study results, it was found that 1% of HUY lavesi is a working group that minimizes the oxidation of fish oil due to temperature and ventilation.

KEYWORDS:*Borago officinalis*, hodan, ıspıt, voletile extract, DPPH, fish oil, antioxidant

September 2021, 48 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmamın her aşamasında deneyimini, bilgisini benimle paylaşan, yardım ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam. Doç. Dr. Osman Sabri KESBİÇ ’e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca laboratuvar çalışmalarıma sağladığı destek ve yardımlarından ötürü Gıda Müh. Ayşenur KANAT’a teşekkür ederim. Yüksek lisans çalışmam boyunca desteğini her zaman hissettiğim değerli eşim Batuhan HASDEMİR ‘e teşekkür ederim. Hodan bitkisini bana öğreten ve lezzetini tatmamı sağlayan annem Şengül AYNACI ‘ya, ulaşım ve tedarik için babam Murat AYNACI ‘ya, kardeşim Suzan ÇELİK’ e ve destek olan tüm akraba ve sevdiklerime minnettarım.

ÖZLEM HASDEMİR

Kastamonu, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **x**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ÖZETLERİ **4**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **25**
3.1 Materyal 25
3.2 Yöntem 25
3.2.1 *Borago officinialis* Yapraklarından Uçucu Yağ Elde Edilmesi 25
3.2.2 *Borago officinalis* Yaprağı Uçucu Özütünün Analizi 26
3.2.3 *Borago officinalis* Uçucu Özütünün Antioksidan Etkisi 26
3.2.4 Termal Oksidasyon Çalışması 27
3.2.5 Peroksit Değerinin Belirlenmesi 28
3.2.6 İstatistiksel Analiz 29
4. BULGULAR **30**
4.1 *Borago officinalis* Yaprağı Uçucu Özütünün Bileşenleri 30
4.2 *Borago officinalis* Uçucu Özütünün Antioksidan Potansiyeli 31
4.3 *Borago officinalis* Uçucu Özütünün Balık Yağını Koruyucu Etkisi 32
5. SONUÇ VE TARTIŞMA **33**
KAYNAKLAR **35**
ÖZGEÇMİŞ **48**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 *Borago officinialis* yapraklarından uçucu özüt distilasyonu..... 26
Şekil 3.2 Balık yağının termal oksidasyon uygulaması 28
Şekil 4.1 HUY % serbest radikal süpürme etkisi..... 31
Şekil 4.2 BHT % serbest radikal süpürme etkisi 31
Şekil 4.3 Vitamin C % serbest radikal süpürme etkisi..... 32
Şekil 4.4 Deney gruplarının termal oksidasyon uygulanmış balık yağı üzerindeki koruyucu etkisi 32

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1 *Borago officinialis* yaprağı uçucu özütünün uçucu bileşenleri..... 30

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%w/w	: Ağırlıkça yüzde
dk (‘)	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
µg	: Mikrogram
µm	: Mikrometre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
ppm	: Milyonda bir
M	: Molarite
mmol	: Mimol
nm	: Nanometre
N	: Normalite
O_2	: Oksijen
°C	: Santigrat Derece
cm	: Santimetre
sn (“)	: Saniye
%	: Yüzde
ω	: Omega

Kısaltmalar

DPPH	: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
ALA	: Alfa-linolenik asit
Vitamin C	: Askorbik Asit
Eq	: Bir mol elektron ile birleşebilen element miktarı
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
BHA	: Bütil Hidroksi Anisol
BHT	: Bütil Hidroksi Toluen
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (Polyunsaturated Fatty Acids)
DHA	: Dokosahekzaenoik Asit
rpm	: Dönüş hızı (Revolutions per minute)
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
EDTA	: Etilendiamin Tetraasetik Asit
GA	: Gallik asit
GLA	: Gamma linolenik asit
FDA	: Gıda Güvenliği ve Beslenme Merkezi
pH	: Hidrojenin Gücü (Power of Hydrogen)
HUY	: Hodan Uçucu Yağı
IC 50	: Maksimum İnhibasyon Konsantrasyonunun Yüzde Ellisi

PD	: Peroksit Değeri
PG	: Propil Gallat
SA	: Sitrik Asit
TBHQ	: Tert-Butil-Hidrokinon
Vitamin E	: Tokoferol
TOTOX	: Toplam Oksidasyon Değeri

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışı insanlığın nitelikli gıdaya ulaşma ihtimalini günden güne azaltmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği, özellikle balık yetiştiriciliği söz konusu problemine çözüm üretebilme potansiyeli bakımından son derece faydalı bir alternatif olarak görülmektedir. 2018 yılında 179 milyon ton olan toplam balık üretiminin yaklaşık %88'i doğrudan insan tüketimi için kullanılırken, kalan %12'si gıda dışı amaçlarla kullanıldığı rapor edilmiştir. Balık işleme yan ürünlerinden oluşan ve/veya tüketim fazlası avlanan balık oranının %25–35 olduğu tahmin edilmekle birlikte bu pay balık unu ve yağı üretiminde kullanıldığı raporlanmaktadır. Balık unu ve yağı, balık yetiştirme çiftliklerinde hala en besleyici ve en sindirilebilir temel protein ve yağ kaynağı olarak kabul edilmektedir. Ancak su ürünleri yetiştiriciliği için balık unu ve balık yağının yem rasyonlarına dahil edilme oranları açık bir düşüş eğilimi göstermektedir (FAO, 2020). Gerek su ürünleri sektörünün sürdürülebilir gelişimi gerekse elde edilecek ürünün kalitesinin arttırmak için balık beslenmesinde kullanılan yemlerin sağlıklı ve kaliteli olmasına bağlıdır. Balığın büyümesi, üremesi ve et kalitesi yemin kalitesiyle doğru orantılıdır. Bu sebeple balık unu ve yağının balık yemlerinde kullanım miktarı ve/veya kullanılan ürünün niteliğinin arttırılması sürdürülebilir balık yetiştiriciliği için oldukça önemlidir (Waissbluth vd., 1971).

Küçük pelajik türler ve ekonomik değeri olmayan küçük demersal balıklar genellikle balık unu ve yağ üretiminde daha çok kullanılmaktadır. Son yıllarda balıkların %90'ı balık unu ve yağına dönüşmektedir; hamsi, çaça, sardalya, uskumru, ringa, istavrit gibi türlerin insan gıdası olarak doğrudan tüketime sunulmayan miktarları, yağ bakımından verimli olmaları sebebiyle tercih edilmektedir (Eritsland vd., 2000). Türkiye'de ise özellikle Karadeniz'de avlanan hamsi ve çaça balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılan başlıca türler arasındadır (Emir, 2012).

Balık yağı, balık ununun preslenmesi işleminde yan ürün olarak ortaya çıkar ve pres sıvısının içinde bulunan balık ve parçalarının ayırma, saflaştırma işlemlerine tabi tutulmasıyla elde edilir. Balıktaki yağ içeriği ise balığın beslenme düzenine, cinsine, deniz suyu sıcaklığına ve yakalanan balık türlerinin coğrafi konumuna bağlıdır

(Korkut vd., 2007). Balık yağı ayrıca çoklu doymamış yağ asitleri olan Omega–3 (ω-3) ve Omega–6 (ω-6) nın başlıca kaynağını oluşturmaktadır. Bununla birlikte balık yağının çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içeriği nedeniyle hızlı okside olması, depolama sürecinde kalitesini olumsuz etkilemekte ve tüketilmesi durumunda ciddi sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir (Waissbluth vd., 1971). Balık yağlarında yüksek miktarda PUFA bulunması, balık yağını oksidasyonuna daha yatkın hale getirmektedir. Bu durum sonucu ortaya çıkan rahatsız edici koku oluşumu ve kalite kaybı ürün niteliğini önemli ölçüde düşürmekte hatta ilerleyen süreçlerde balık yağını besin maddesi formundan toksit madde formuna taşımaktadır (Frankel, 1998). Dahası, bazı pigmentlerin (miyoglobin ve hemoglobin) ve demir, bakır gibi eser miktarda metalik iyonların varlığı, balık yağını yağ oksidasyonuna daha duyarlı hale getirirmektedir (Hsieh vd., 1989). Oksidasyon ayrıca vitamin tahribatı, renk değişikliği ve temel yağ asitlerinin kaybı gibi başka zararlı etkilere de yol açarak duyusal uyarıcıları olumsuz etkilemesine ve besleyici değerde düşüşe neden olabilmektedir (Maqsood vd., 2014 ; Sherwin 1978). Oksidasyon, balık yağını ve dolayısıyla balık yağıyla zenginleştirilmiş ürünlerin raf ömrünü önemli ölçüde azaltır. Sonuç olarak balık yağında bulunan PUFA, oksijen varlığında oksidasyona eğilimlidir. Enzimler, ışık, metal iyonları ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerin etkisi altında kolaylıkla bozulurlar. Bu durum oksidasyon sırasında hidroperoksitlerin ayrışması ile besin kaybına, ekşimeye ve istenmeyen tatlara neden olmaktadır (Rossell, 2009; Indrasena vd., 2010; Baek, 2012).

Balık yağında gerçekleşecek olası oksidasyonu engellemek, balık yağı ve balık yağıyla zenginleştirilmiş ürünlerin kalite korunumunu kısmen uzatmak için antioksidanların kullanımı son derece yaygın bir uygulamadır. Günümüzde balık yağı ve balık yemlerinde oksidasyonu önlemek için, kimyasal olarak sentezlenmiş Butillendirilmiş hidroksianisol (BHA, E320), Bütillendirilmiş hidroksitoluen (BHT, E321) ve askorbik asit (Vitamin C, E300) gibi ürünler kullanılmaktadır (Yen vd., 1996; Çalık, 2017). Ancak yapılan araştırmalar bu tip sentetik antioksidanların rezidüel problemlere yol açtığı ve akümülasyon yoluyla insana ulaştığını ortaya koymuştur (Conacher vd., 1986). Bu tip çalışmaların ortaya koyduğu bulgular, küresel ölçekte artan beslenme bilinci ve benimsenen iyi tarım uygulamaları hayvansal üretimde başta antibiyotikler olmak üzere sentetik ürünlerin kullanımına ilişkin önemli bir tepki oluşturmuştur hatta

bazı otoriteler söz konusu sentetiklerin çiftlik hayvanlarında kullanımını sınırlandırmış veya tamamen yasaklamıştır (Salami vd., 2016). Söz konusu eğilim antioksidan etkiye sahip doğal ürünlerin geliştirilmesi hususunda yapılan çalışmalarla ve başarılı sonuçlarıyla bağlantılıdır. Yapılan araştırmalar özellikle bitkisel kaynaklardan elde edilen bazı ürünlerin endüstriyel antioksidanlar kadar başarılı olabileceğini ortaya koymuştur (Lee vd., 2007; Molaee vd., 2020). *Borago officinialis* halk arasında bilinen adıyla hodan ya da ıspıt yerel mutfak gastronomisinde kullanılan aynı zamanda tıbbi etkileri üzerine çalışmalar yapılan ve bu amaçlar için doğadan toplanan ve/veya yetiştiriciliği yapılan tek yıllık bir bitkidir (Akbar, 2020). Günümüzde yapılan araştırmalar *Borago officinialis* bitkisinden elde edilen ürünlerin antioksidan özelliklerine odaklanmakta olup bu ürünlerin güçlü antioksidan özellikler gösterdiğini bildirmiştir (Abu-Qaoud vd., 2018).

Çalışmanın temel amacı su ürünleri yem endüstrisinin temel yağ kaynağı olan ve oksidasyona duyarlı balık yağının oksidatif kalitesini kararlı halde tutmak için *Borago officinialis* (hodan) özütünün kullanım potansiyelini araştırmaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Balık yağı balığın pişirilmesi, pişen ürünün preslenmesi sonucu ortaya çıkan süzüntünün vibrasyonlu elekler yardımıyla balık ve kemik parçalarının ayrıştırılması neticesinde elde edilir. Bu işlemlerden sonra ortaya çıkan kaliteli balık yağı; berrak, açık sarı renk, homojen, tortusuz, balığa özgü kokan ve tadı acı olmayan bir ürün olması gerekmektedir (Korkut vd., 2007). Balık yağı çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), kimyasal yapılarına göre uzun zincirli eikosapentaenoik asit (EPA 20:5n-3) ve dekosahekzanoik asit (DHA 22:6n-3) olan omega-3 yağ asitleri bakımından zengindir (Baek, 2012). Balık yağındaki PUFA içeriğinin, balık türüne, balığın beslenme doğasına, yaşadığı habitatın su sıcaklıklarına, avlama sezonuna, avlama alanına ve işleme tekniğine bağlı olduğu bilinmektedir (Kasbo, 2012). Gıda standartları komisyonu kaliteli bir hamsi yağında EPA-DHA toplamının en az %27 olması gerektiğini belirtmektedir (Codex , 2017).

Balık yağının kalitesinin belirlenmesinde kimyasal kriterler çok önemlidir. Bu nedenle peroksit değeri (PD), p-Anisidine, toplam oksidasyon değeri, serbest yağ asidi değeri, nem, omega 3, omega 6, EPA, DHA değerleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmaktadır. PD balık yağındaki aktif oksijen miktarının ölçüsüdür ve oksidasyonun derecesini göstermektedir. Oksijen doymamış yağlara etki ederek peroksitler oluşturmaktadır. Balık yağında PD 20 meq O_2 kg^{-1} geçmemesi gerekir. PD, oksidasyon reaksiyonları sonucunda açığa çıkan hidroperoksit bileşikleri oluşumuna bağlıdır (Korkut vd., 2007). PD, yağda birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu hakkında bilgi sağlar. Balık yağında bulunan çok miktarda birincil oksidasyon ürünü balık yağının ticari değerini düşürür, yağ oksidasyonunu hızlandırır ve ürünün raf ömrünü kısaltır (Aidos vd., 2002; Huang vd., 2008). Birincil oksidasyon ürünlerinin oluşma hızı ürünün maruz kaldığı sıcaklığa, ışığa ve saklama süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Aidos vd., 2002; Huang vd., 2008). Birincil oksidasyon ürünleri olarak bilinen hidroperoksitler, PD analizi ile belirlenir. Sonrasında uçucu olmayan ve uçucu olan ikincil ürünlere ayrılabilir. Bu duruma göre yağın kalitesi hakkında fikir vermiş olur (Palupi, 2016).

Pek çok bilimsel kanıt, PUFA'ların (EPA ve DHA) birçok yarar sağladığını göstermektedir. Balık yağı, yüksek oranda doymamış yağ asitleri olan olan PUFA'ları bol miktarda içeren nitelikli bir üründür. Bu yağ asitleri işleme, taşıma ve saklama sırasında gerçekleşebilecek oksidasyona karşı oldukça hassastır. Balık yağının oksidasyonu sonucu üründe istenmeyen tat oluşumu ve besin değeri kaybı gözlenebilir. Balık yağının otooksidasyonu ve fotooksidasyonu kolaylıkla gerçekleşebilir (Frankel, 1998; Indrasena vd ., 2010; Baek, 2012). Otooksidasyon üç aşamada gerçekleşir; başlatma, yayılma ve sonlandırma. Başlatma aşaması, doymamış yağ asitlerinde hidrojenin ışık, sıcaklık gibi başlatıcılar tarafından tetiklenmesi ile serbest radikaller oluştuğunda oksidasyon süreci başlamış olur. Yayılma aşamasında, serbest radikaller oksijenle reaksiyona girerek peroksit içermeyen radikaller oluşturur. Peroksit serbest radikalleri, çift bağlarla reaksiyona girer ve başka bir doymamış yağ asidinden hidrojen çıkararak birincil oksidasyon ürünü, hidroksperoksit ve yeni serbest radikal oluşturur. Hidroperoksit, mevcut hidrojen kalmayıncaya kadar daha fazla yayılma ile diğer doymamış yağ asitlerine saldırmaya devam eden daha fazla serbest radikal vermek için parçalanır veya serbest radikal reaksiyonları antioksidanlar tarafından kesintiye uğratılır veya yavaşlatılır (Indrasena vd., 2010; Baek, 2012). Sonlandırma aşamasında, peroksit serbest radikalleri veya serbest radikaller, radikal olmayan ürünler oluşturmak için birbirleriyle reaksiyona girer. Hidroperoksitler kolayca aldehitler, alkoller ve ketonlar gibi uçucu ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşür ve bunlar oksitlenmiş katı veya sıvı yağlarda istenmeyen tatlar üretebilir. Otooksidasyon süreci, sonlandırma aşamasında bir döngüyü tamamlayabilse de, otooksidasyon süreci normalde tüm oksitlenebilir substratlar tükenene kadar serbest radikal oluşumunun yeniden başlatılmasıyla tekrar eder (Indrasena vd., 2010; Baek, 2012).

Yağların otooksidasyonu, doymamış bir yağ asidinden hidrojenin ayrılmasıyla başlar ve bu da serbest bir radikal ile sonuçlanır. Alkil radikaline oksijen eklenmesiyle peroksil radikali oluşur. Hidrojenin başka bir yağ asidinden uzaklaşmasıyla, lipit hidroperoksileri oluşur. Bu reaksiyonlar, serbest radikallerde net bir artışa neden olmamakla birlikte, eğer ki otooksidasyon reaksiyonları meydana gelen tek reaksiyon olsaydı, yağ oksidasyon ürünlerinin oluşumu başlangıçtan itibaren doğrusal bir artış eğiliminde olurdu. Gıdalarda yağ asitleri oksitlendiğinde, genellikle bir gecikme

aşaması ve ardından oksidasyon hızında yüksek bir artış olur. Bu durum yağ oksidasyonu altında meydana gelen başka reaksiyonların olduğunu göstermektedir. Oksidasyon gecikme aşamasında kaldığı sürece, gıdanın bozulması tespit edilmez. Üstel faza ulaşıldığında, oksidasyon ilerlemesiyle oksidasyon ürünlerinin reaksiyonları başlar ve bozulma tespit edilir. Oksidasyonu etkileyebilen ve hızlandırıcı olarak tanımlanan tüm iç ve dış faktörler dikkate alınarak, gecikme fazı uzatılabilir. Oksidasyonun gecikme fazı ne kadar uzun olursa, yağların ve yağ içeren gıdaların kaliteleri o derece uzun korunur (Fennema, 2008; Kasbo, 2012).

Balık yağı kalitesini etkileyen çevre ile ilgili bir dizi faktör vardır (Kasbo, 2012). Balıkların hasat edildiği andan itibaren balık yağının kalitesini sağlamak için önlemler alınmalıdır. Balık yağları, yağ asitlerinden daha fazlasını içerir ve yağ oksidasyona neden olabilecek iç ve dış faktörlere de maruz kalır. Bu faktörler arasında ışığa ve sıcağa maruz kalma, oksijen kontaminasyonu, yağların fiziksel durumu (sıvı - katı), pH, serbest eser metallerin yüzey aktivitesi, yağ asidi bileşimi ve prooksidanlardır. Prooksidanlar, doğrudan yağ asitleri ile etkileşime girerek veya serbest radikal oluşumunu hızlandırarak yağ oksidasyonuna neden olabilen bileşiklerdir (Fennema, 2008; Kasbo, 2012). Oksijenin büyük kısmı sistemden uzaklaştırılmalıdır. Yağın oksijenden tamamen arındırılması zordur. Bunun için oksijeni inert gazla (örneğin nitrojen) değiştirmek veya vakumlu paketleme kullanmak mümkündür. Bu yöntemler tüm gıda ürünleri için geçerli değildir. Oksidasyon hızı için yağ ve hava arasında geniş bir yüzey alanı olması daha küçük bir yüzeye kıyasla daha fazla yağ asidi molekülünün hava ile temas etmesi anlamına gelir ve böylece yağ daha fazla prooksidanlara maruz kalır. Ayrıca, sıcaklığın artması genellikle oksidasyon hızını artırır ve mevcut antioksidanların bozulmasına yol açabilir (Frankel, 2005; Fennema, 2008; Kasbo, 2012).

Yağ oksidasyonuna bağlı böyle bir kalite kaybını yavaşlatmak için, sentetik antioksidanlar geçmişte balık yağında yaygın olarak kullanılmıştır (Boyd vd., 1993; Maqsood vd., 2014). Bununla birlikte, sentetik antioksidanların kullanımı, olası toksisite ve gıda güvenliği konusunda endişelere yol açmaktadır (Maqsood vd., 2013). Bu nedenle, doğal antioksidanların kullanılması, yağ oksidasyonunun kontrolü ve zararlı sonuçlarının sınırlandırılması için etkili bir yöntem olarak giderek daha fazla

kullanılmaktadır (Sanchez-Alonso vd., 2008; Maqsoodvd., 2014). Yağ oksidasyonu sırasında, polifenolik bileşikler de dahil olmak üzere antioksidanlar çeşitli şekillerde etki gösterirler. Yağ oksidasyonunda metal iyonlarını bağlama, radikalleri süpürme ve peroksitlerin ayrışması gibi birden fazla mekanizma söz konusudur. Balık yağı ile ilgili süreçlerde antioksidan aktivite, esas olarak yağ peroksidasyonunun inhibasyonu ile mümkündür (Maure vd., 2001; Santoso vd., 2004). Bununla birlikte, güçlü bir antioksidan, otookside olabilir ve reaktif maddeler oluşturabilir. Ayrıca sisteme bağlı olarak bir prooksidan gibi davranabilir (Aruoma vd., 1993; Santoso vd., 2004).

Antioksidanlar, başlangıç aşamasını geciktirerek, yayılma hızını yavaşlatarak veya zincirleme reaksiyonu sonlandırarak yağ asitlerinin oksidasyonunu en aza indirebilir veya otooksidasyonun gecikme fazını uzatabilir (Frankel 2005; Kasbo,2012). Olası reaksiyon mekanizmalarının çeşitliliği nedeniyle antioksidanların belirli bir tanımı yoktur. Balık yağında doğal olarak bulunan antioksidan genellikle tokoferoldür (vitamin – E) (Ackman vd., 1967; Kasbo, 2012). Balık yağı içerisinde doğal bir antioksidan olarak bulunan tokoferoller, yağda çözünür, renksiz veya açık sarı renkli ve viskozitesi yüksek yağlardır. Balık yağları da genellikle tokoferol grubunun sadece α- izomerini içerir. Tokoferoller, α-, ß-, γ- ve δ-tokoferoller ve bunlara karşılık gelen tokotrienoller gibi sekiz farklı biçimde bulunur. α-Tokoferol genellikle balık yağında doğal olarak bulunan antioksidandır (Baek, 2012). Ham balık yağındaki α-tokoferol seviyesi, balık türüne ve hasat mevsimine göre değişir. Normal aralığı 25-60 ppm olan ancak taze balıklardan hazırlanmış iyi kalitede yağ 350 ppm‘e kadar tokoferol içerebilir (Allen, 1995; Kasbo, 2012). Düşük sıcaklıkta α-tokoferol, yağ oksidasyonu üzerinde antioksidan aktivitesi daha etkili olurken yüksek sıcaklıklarda antioksidan aktivitesi tersine dönüşebilir. Tokoferollerin antioksidan etkinliği sırası α-tokoferol> ß-tokoferol> γ-tokaferol> δ - tokoferol‘dür (Indrasena vd., 2010; Baek, 2012).

Tedarik sıkıntıları ve doğal antioksidan arzındaki dalgalanma nedeniyle sentetik antioksidanlar sıklıkla kullanılan ürünlerdir. Sentetik antioksidanlar genellikle daha düşük dozlarda daha etkilidir, bu nedenle doğal alternatiflerden daha düşük maliyetlidir. Propil galat (PG), butillenmiş hidroksitoluen (BHT), butillenmiş hidroksianisol (BHA), tert-butil-hidrokinon (TBHQ) ve etilendiamintetraasetik asit (EDTA), ticari olarak temin edilebilen sentetik antioksidanlardır (Frankel 2005;

Kasbo, 2012). Olası sağlık sorunları ve gıdalarda tamamen doğal malzemeler kullanma eğilimi nedeniyle kullanımları azalmaktadır. Gıdalarda katkı maddesi olarak antioksidan kullanımına ilişkin düzenlemeler bulunmaktadır. Sentetik antioksidanlar genellikle doğal alternatiflerden daha fazla kısıtlamaya sahiptir (Lovdata, 2011; Kasbo, 2012).

Sentetik ve doğal antioksidanlar, oksidasyonu kontrol etmek ve kaliteyi korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, BHA, BHT, PG ve TBHQ gibi sentetik antioksidanların kullanımı gıda endüstrisinde azalmaktadır. Tüketiciler, yapay katkı maddelerinden kaynaklanan potansiyel kanserojen ve sağlık tehlikelerinden endişe duymaktadır ve dünyaca kabul görmüş bir otorite olan FDA (Gıda Güvenliği ve Beslenme Merkezi) ayrıca gıda ürünlerine eklenebilecek sentetik antioksidanların miktarına ilişkin sınırlar belirlemiştir (Brewer vd., 2011; Baek, 2012).

Antioksidanlar, hareket tarzlarına göre gruplara ayrılabilirler; şelatlayıcı antioksidanlar, oksijen tutucular ve radikal söndürücüler. Birden fazla antioksidanın birleştirilmesiyle toplam etki, ayrı ayrı kullanıldığındaki etkiden daha büyük olabilir. Antioksidanlar arasındaki sinerjik etki, antioksidan kombinasyonunun iki ayrı antioksidanın toplamından daha büyük bir etkisi olarak gösterilmiştir. İki antioksidan farklı şekillerde hareket edebilir ve bu nedenle birlikte eklendiğinde daha verimli olabilir. Birkaç antioksidanın varlığı, etkileşimleri nedeniyle ürünün oksidatif stabilitesini artıracaktır. Sinerjik etkiyi kullanmak yağ oksidasyonunu önlemenin etkili bir yolu olabilir. (Fennema 2008; Kasbo, 2012). Çalışmalar bazı antioksidanların birbirini yenileyebildiğini göstermiştir (Olsen vd., 2005; Kasbo, 2012). α-tokoferolün rejenerasyonu, vitamin C ve A'nın α-tokoferolün biyolojik gücünü arttırdığı biyolojik sistemlerde görülür (Christie, 2011a; Kasbo, 2012). Birden fazla Serbest Radikal Süpürücü (SRS)' nün bulunduğu gıda sistemlerinde, bunlardan biri yağ radikali ile daha hızlı reaksiyona girebilir. Bunun nedeni, farklı bağ ayrışma enerjileri veya radikallerin oluştuğu bölgeye daha yakın konumda olmasıdır. Bir SRS' nün diğerinden daha hızlı tepki verdiği sistemlerde, birinci SRS, ikinci SRS tarafından yeniden oluşturulabilir. İkinci SRS'den gelen serbest radikal, ilk SRS'ye aktarılacaktır. Bu şekilde yağ oksidasyonunun önlenmesi daha verimli ve uzun süreli olacaktır. Bu yenilenme mekanizması, yemeklik yağlarda sinerjik etkiyi gösteren α-tokoferol ve

vitamin C ile görülmektedir (Fennema, 2008; Kasbo, 2012). Vitamin C ve α-tokoferol, zincir yayılmasına veya ayrışma sürecine müdahale edebilir. Bu şekilde yağ otooksidasyonu kesintiye uğrar (Frankel, 2005; Kasbo, 2012). Sistemde α-tokoferol, yağ fazında bulunması nedeniyle yağ radikali ile reaksiyona giren ilk SRS'dür (Fennema, 2008; Kasbo, 2012). Vitamin C daha sonra tokoferoksil radikalini yeniden üretebilir ve α-tokoferole geri dönüştürebilir (Frankel, 2005; Kasbo, 2012). α-tokoferol böylece aktif bir durumda tutulabilir ve serbest yağ radikallerini uzun süre temizlemeye devam edebilir. Optimum bir sinerjik etki elde etmek için antioksidanlar doğru ilişkide birleştirilmelidir. Bir karışımda kullanılan antioksidanlar farklı reaksiyon mekanizmalarına ve fiziksel özelliklere sahip olmalıdır. Antioksidanların karışımını optimize etmek ve bu antioksidanlar arasındaki optimal ilişkiyi bulmak arzu edilir. Gıdanın/matrisin fiziksel durumu, oksidasyon katalizörlerinin tipi ve antioksidanların kendisini etkileyebilecek diğer faktörler (örneğin, sıcaklık, pH ve gıdadaki diğer antioksidanlar veya bileşenler) göz önünde bulundurulmalıdır (Fennema, 2008; Kasbo, 2012).

Ayrıca Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılan sentetik antioksidanların kullanım usul ve miktarlarına ilişki net hükümler bildirilmiştir. Örneğin sadece ısıl işlem görmüş gıdaların endüstriyel üretiminde kullanılan katı ve sıvı yağlar; katı ve sıvı kızartmalık yağlar (prina yağı hariç) ve domuz yağı, balık yağı, sığır, kanatlı ve koyun yağı, işlenmiş kabuklu meyveler, ön pişirme yapılmış tahıllar, suyu uzaklaştırılmış et, kek karışımları, tahıl-bazlı atıştırmalık gıdalar, suyu alınmış/kurutulmuş çorbalar ve et suları için propil gallat, TBHQ ve BHA'nin maksimum kullanım miktarı 200 mg kg^{-1} iken suyu uzaklaştırılmış patates için bu oran 25 mg kg^{-1} dır. Yağ asitlerini içeren emülgatörler, preparatlarda tek başına veya birlikte BHT ve BHA kullanımı en fazla 20 mg kg^{-1} iken son üründe yine bu antioksidanların tek başına ve/veya birlikte en fazla 0,4 mg kg^{-1} olması gerektiği bildirilmiştir. BHT kullanımına ilişkin sınırlar ise sadece ısıl işlem görmüş gıdaların endüstriyel üretiminde kullanılan katı ve sıvı yağlar; katı ve sıvı kızartmalık yağlar (prina yağı hariç) ve domuz yağı, balık yağı, sığır, kanatlı hayvanlar ve koyun yağı için oranı 100 mg kg^{-1} dır. Propil gallat, TBHQ ve BHA esansiyel yağlarda tek başına veya birlikte maksimum kullanılabilecek miktar 1g kg^{-1} dır. Sadece meyve ve sebze bazlı içecekler, meyve ve sebze suları ve tahıl bazlı olmayan ek

gıdalarda askorbik asit (Vitamin C) 300 mg kg^{-1} iken sadece şaraplar/köpüren şaraplar, kısmen fermente olmuş üzüm şırasında kullanılabilecek maksimum miktar 250 mg kg^{-1} olarak Türk Gıda Kodeksi sınırlanacak miktarları belirlemiştir (Kocatepe ve Turan, 2018).

BHT, Avrupa Birliği'nde soslar, sakızlar ve yağlar dahil olmak üzere bir dizi ürün için gıda katkı maddesi olarak (tek başına veya gıdalarda izin verilen diğer sentetik antioksidanlarla kombinasyon halinde) izin verilen sentetik fenolik antioksidandır. BHT yalnızca Avrupa Birliği'nde yem katkı maddesi olarak izinlidir. Bununla birlikte, bileşiğin yemden çiftlik balıklarına (Bohne vd., 2008 ; Lundebye vd., 2010) ve ayrıca kümes hayvanı dokularına ve yumurtalara taşındığı gösterilmiştir (Hobsen-Frohock 1982; Lundebye vd., 2010). BHT gibi fenolik antioksidanlar, oksidasyon sürecinin yayılma adımını kesintiye uğratan kararlı serbest radikaller oluştururlar (Applewhite, 1985; Lanigan vd., 2002). BHT, birçok radikal türle yavaş reaksiyona girer (Lambert vd., 1996; Lanigan vd., 2002). Antioksidan aktivitesi, tekli oksijen, hidroksil radikalleri, süperoksit ve peroksil radikallerinin yanı sıra yağda çözünür radikaller dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin "söndürülmesini" içerebilir. BHT, antioksidanın daha küçük fraksiyonlarının reaksiyon tarafından yok edildiği polar çözücülerde daha hızlı reaksiyona girer. BHT, zincir kırıcı bir antioksidan olarak sınıflandırılır; bu antioksidanların, bir hidrojen atomunu bir yağ radikaline bağlanarak, stabil bir ürün ve bir antioksidan serbest radikal üreterek otooksidasyon zincir reaksiyonunu kırar. Antioksidan serbest radikaller yeterli stabiliteye sahiptir ve zincirleme reaksiyonu başlatma veya ilerletme yeteneğine sahip değildir (Papas , 1993; Lanigan vd., 2002). BHT doğada bulunmaz ve sentetik olarak p-kresol ve izobutilenden sentezlenir. BHT kristalleri 70°C erime noktasına, 1.048 yoğunluğa ve 265°C kaynama noktasına sahiptir. BHT suda çözünmez ancak toluen, metanol, etanol, izopropanol, etilmetil keton, aseton, petrol eteri, benzen ve diğer birçok hidrokarbon çözücüde serbestçe çözünür (Stecher vd., 1968; Babich, 1982). 1954 yılında BHT'nin hayvansal yağlar için etkili bir antioksidan olduğu bulunmuştur (Dacre, 1961; Babich, 1982). 1954 ve 1955 yılları arasında, BHT üreticileri, BHT'nin zararsız etkilerini gösteren hayvan çalışmalarının sonuçlarını FDA'ya sunmuşlar; sonuç olarak, 1958'den önce FDA tarafından BHT kullanma izni verilmişdir. 1938 Gıda, İlaç ve Kozmetik Yasasına 1958 Gıda Katkı Maddeleri Değişikliği FDA'nın yeni

bir kimyasalın gıda katkı maddesi olarak kullanılmadan önce onaylanmasını gerektirdi; 1958'den önce kullanımda olan gıda katkı maddelerine “genel olarak güvenli olarak kabul edildi” (GRAS) statüsü verildi ve ek test gerekmemiştir (Babich, 1982). BHT, gıdaya 50 ppm'den fazla antioksidan girmemesi koşuluyla ambalaj malzemelerinde kullanılabilmektedir (Branen, 1975; Babich, 1982). 1971'de Başkan Nixon, GRAS statüsü verilen tüm kimyasalların yoğun bir şekilde gözden geçirilmesini emretmiş (Babich,1982). 1977'de FDA, BHT'nin GRAS listesinden "geçici düzenleme statüsüne" çıkarılmasını önerdi ve gıdalarda BHT'nin yeni kullanımına izin verilmemesini, ancak BHT içeren gıdaların bunu yapmaya devam edebileceğini önermiştir. Bu BHT'nin kısıtlanması "insanda BHT'nin metabolizması ve deney hayvanlarında görülen toksik etkilerle ilgili belirli güvenlik sorularını çözmek için gerekli hayvan besleme çalışmalarının tamamlanmasını beklemek" koşuluna bağlanmıştır (FDA, 1977). BHT'nin davranışsal ve gelişimsel bir teratojen olabileceğine dair yeni verilere yanıt olarak (Meyer vd., 1980; Babich, 1982), Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi 1983 yılına kadar BHT hakkında daha fazla veri talep etmiş (Babich, 1982). Bütillenmiş hidroksitoluen (BHT), gıdalarda ve paketleme ile ilgili ürünlerde en yaygın kullanılan antioksidanlar arasında yerini almıştır. Tüm popülasyonlar BHT’ye maruz kalmış olsa da, BHT'nin insanlar üzerindeki metabolizmasını veya toksisitesini belirleyen ondan az çalışma yapılmıştır. Ayrıca, laboratuvar hayvanları ile yapılan son çalışmalar, bu antioksidanın varsayılan güvenliğini sorgulamıştır. BHT, petrol ürünleri, jet yakıtları, kauçuk, plastikler, gıda ambalajları, hayvan yemleri, boyalar ve cilalar, yapışkan sertleştiriciler, temizlik maddeleri, baskı ürünleri ve incelticiler için antioksidan, stabilizatör ve “kabartma önleyici” bir ajan olarak işlev görmektedir (Lewis, 1993; Lanigan, 2002).

Askorbik asit ($C_6H_8O_6$) altı karbonlu monosakkarit ailesine ait organik bir bileşik olup daha çok C vitamini olarak bilinir. Suda güçlü bir şekilde çözünür ve genellikle Akdeniz diyetini karakterize eden unsurlardan biri olarak kabul edilir (Ferro-Luzzi vd., 1994; Varvara vd., 2016). Kullanımının yaygınlaşması, her zaman stabilize ve antioksidan özelliğini kullanan gıda endüstrisinde de önemlidir. Ayrıca, askorbik asit içeren birkaç katkı maddesi formülasyonu vardır (Liao vd., 1988; Varvara vd.,2016). Vitamin C en önemli özelliklerinden biri indirgeme kabiliyetidir. Oksijen varlığında, vitamin C, özellikle katalizör metallerle ilgili olarak, oksijenin çevresel kaynaklarını

ortadan kaldırarak, güçlü bir sonuçla oksitlenme eğilimindedir. Vitamin C'nin güçlü antioksidan aktivitesi, diğer elementleri ve temel beslenme faktörlerini oluşturma yeteneği ile bağlantılıdır, gıda endüstrileri, bu maddenin farklı gıda ürünlerinde kullanımı için bazı özel katkı maddeleri formüle etmeye teşvik etmişlerdir (Cappelli vd., 2009; Varvara vd., 2016). Vitamin C özellikle paketli etlerin üretim faaliyetlerinde kullanılmaktadır (Varnam vd., 1995; Varvara vd., 2016). Et ve kıymada bulunan Vitamin C, depolama sırasında ürünün oksidasyonunu ve renk bozulmasını önlemektedir (Sanchez vd., 2001; Varvara vd., 2016).

Sentetik antioksidanlar ile ilgili literatürdeki bilgiler çelişkilidir ve antioksidanlar, pro-oksidanlar, anti-karsinojenler, kanserojenler ve bir tümör promotörü özelliklerine sahip oldukları bildirilmektedir (Botterweck vd., 2000; Lundebye vd., 2010). Örneğin, BHT ve BHA , karaciğer hasarı ve karsinojenezde rol oynayan promotörler olarak kabul edilmektedir (Gülçin vd., 2004; Dawidowicz vd., 2014). Bu tür bulgular, araştırmacıların ve tüketicilerin doğal bileşiklerin antioksidan özelliklerine artan ilgisine neden olmaktadır. Bu nedenle, doğal antioksidanlar, organizmaları ve hücreleri oksidatif stres, yaşlanma, dejeneratif hastalıklar ve kanserden kaynaklanan hasardan koruma kapasiteleri açısından kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır (Briskin 2000; Dawidowicz vd., 2014). Güvenli ve güçlü doğal antioksidanları bulmak için yapılan çalışmalar sırasında aromatik, baharatlı, tıbbi ve diğer bitkilerden çok sayıda bileşik ve ekstrakt incelenmiştir (Miguel 2010; Dawidowicz vd., 2014). Orta çağlardan beri sadece hoş veya hoş olmayan aroması nedeniyle değil, aynı zamanda antibakteriyel, antifungal ve antienflamatuar aktiviteleri nedeniyle bilinen uçucu yağlara da dikkat edilmiştir (Misharina vd., 2008; Dawidowicz vd., 2014). Uçucu yağlar, çok farklı konsantrasyonlarda yaklaşık 20-60 veya daha fazla bileşen içeren çok karmaşık karışımlardır. Bu tür karmaşık karışımların her birinde, bir veya iki bileşen, diğerlerinden daha yüksek konsantrasyonda (%20-70) meydana gelir ve bu ana bileşenler, bir uçucu yağın biyolojik özelliklerini belirler. Ana bileşiğin antioksidan aktivitesi, uçucu yağların diğer bileşenleri tarafından modüle edilebilir. Uçucu yağların antioksidan özelliklerini ve ana bileşenlerini karşılaştırırken, sinerjizm, antagonizma ve katkı kavramları gerçekten önemlidir. Bileşenler, antioksidan aktiviteyi değerlendirmek için uygulanan yöntemin tipine bağlıdır (Dawidowicz vd., 2014). Asiklik bir monoterpen alkol olan Linalool (3,7-dimetil-1,6-

oktadien-3-ol), 200'den fazla uçucu yağ türünde yaygın olarak bulunur (Rodenak vd., 2017; Monfort vd., 2018; Hu vd., 2020). Ayrıca yayınlar, linaloolün uygulamalardaki en güçlü antibakteriyel ve antioksidan ajanlardan biri olduğunu göstermektedir (Mangeon vd., 2017; Li vd., 2019; Hu vd., 2020). Birçok bitki, Lamiaceae (nane), Lauraceae (defne, tarçın, gül ağacı) ve Rutaceae (narenciye) gibi bitkilerin kısımlarında linalool üretir ve genellikle bol miktarda linalool biriktirir. Bu uçucu bileşen, E vitamini biyosentezinde kimyasal bir ara maddedir (Kamatou vd., 2008). Linalool ayrıca antibakteriyel ve antiplazmodiyal etkiler gibi çeşitli biyolojik aktiviteler sergilediği bilinen birçok uçucu yağın ana bileşenidir (Van vd., 2006). Ayrıca, farklı hayvan modellerinde linalool'ün antiinflamatuar, antihiperaljezik ve antinosiseptif etkileri belirlenmiştir (Peana vd., 2006). Diğer uçucu yağ bileşenleri ile karşılaştırıldığında, linalool suda kayda değer bir çözünürlüğe sahiptir. Linalool, koku alma ve fizyolojik özelliklerinde farklılık gösteren S-(+)- ve R-(-)-linalool olmak üzere iki enantiyomerik formda bulunur (Peana vd., 2002; Kamatou vd., 2008). E vitamini ve lipoik asit gibi linalool, yağ peroksidasyonunun önlenmesi için önemli olabilecek antioksidan özelliklere sahiptir. Ek olarak, doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun neden olduğu hasarı sınırlamak ve oksidatif hasara bağlı komplikasyonların tedavisi için mevcut tedavileri tamamlamak için terapötik yaklaşımlarda linalool kullanılabilir (Çelik ve Özkaya, 2002; Peana vd., 2008).

Adaçayı, biberiye, çay ve üzüm çekirdeği gibi bitkilerden türetilen doğal fenolik antioksidanlar, oksidasyonu kontrol altına almak için gıdalara dahil edilmelerine büyük ilgi gösterilmiştir. Biberiye ekstraktı, doğal fenolikler bakımından zengin bir üründür. Biberiye özündeki başlıca serbest radikal süpürücüler karnozik asit, karnosol ve rosmarinik asittir. Biberiye özündeki bileşenler, fenolik halka yapısı da dahil olmak üzere serbest radikal süpürücülerin yapısal gereksinimlerine sahiptir. Biberiye ekstraktının tadı ve kokusu, nihai ürünün aromasını etkileyebilir. Bu nedenle biberiye ekstraktının kullanımı son ürüne bağlıdır. Biberiye özütünün ekstraksiyonu ve bitkilerdeki fenolik seviyeleri, bitki çeşidi, hasat, depolama, büyüme koşulları, bitkinin olgunluğuna göre değişebilir. Lezzet etkisi ve fenolik seviyedeki varyasyon, biberiye ekstraktının balık yağlarında bir antioksidan olarak kullanımını etkileyebilir (Fennema 2008; Kasbo, 2012).

Borago officinalis, sistematik olarak Boraginaceae familyasına ait olup latincesi *Borago officinalis* L. olarak bilinmektedir (Asadi-Samani vd., 2014; Tewari vd., 2019). Bu bitkinin gövdesi silindir şeklinde kalın, kıllı ve tüyleri sert olup, 20 ila 60 cm yüksekliğinde bir bitki olarak tanımlanabilir (Streeter vd., 2011; Zribi vd., 2019). Öne çıkan üst yapraklarının aksine, bitkinin başlangıcında oluşan uzun bir yaprak sapıyla belirgin, rozet yaprakları olarak oluşmuş, uzun taban yaprakları ile karakterize olup yaprakları liflidir. Gövdede nadiren beyaz olan mavi çiçekler vardır (Król, 2010; Zribi vd., 2019). Her çiçeğin birbirine yakın anterleri olan beş bayrağı vardır ve tüp tabanında dikey bir uzantı vardır. Pistilin, büyüdükten sonra fındığa benzeyen kahverengi 3 veya 4 yumurtalığı vardır ve her birinin içinde koyu renkli olmasına rağmen hiç albümin yoktur. *Borago officinalis* meyvesi küçük, kahverengimsi oval buruşuk ve fındık büyüklüğündedir (Brown, 2001; Asadi-Samani vd., 2014).

Drenajı iyi olan ıslak topraklarda, otlu yerlerde ve tamamen güneş ışığına maruz kalan yerlerde iyi yetişebilen, soğuğa dayanımı yüksek bir bitkidir. Zayıf kuru topraklarda iyi yetişmeyebilir, ancak uygun koşullarda büyüme durumu daha iyi olabilir. Ayrıca güneşlenme süresi orta derecede olan topraklarda daha iyi büyüyebilir. Yoğun güneş bitki yapraklarını rozet haline getirebilir (Newman vd., 2009; Colombo vd., 2010; Asadi-Samani vd., 2014). *Borago officinalis* bitkisi her toprak tipinde ve 4,5-8,2 pH aralığında büyüyebilir bilinen en uygun pH 6,6'dır. *Borago officinalis* 'ın tuzlu su ile orta veya ağır topraklarda kolaylıkla yetiştirilebileceği bildirilmiştir (Sajirani vd., 2011; Asadi-Samani vd., 2014). Bu bitki tohumlama yoluyla çoğaltılır ve her bir tohum ağırlığı yaklaşık 17 ila 19 gramdır. Tohumlar dekara 5-7 kg ekilir. *Borago officinalis* bitkisi için önerilen uygun yoğunluk, hektar başına 100.000 çalıya eşittir. İsfahan'da yapılan bir başka araştırmada da sıra arası 30 cm ve sıra üzeri çalılar arası 10 cm mesafe en iyi devamlılık olarak belirlenmiştir. Bu bitki için uygun ekim zamanı erken ilkbahardır ve sonbahar ve kış sonlarında da yetiştirilebilir (Zargari, 1997; Asadi-Samani vd., 2014). Araştırmacılar, erken tohumlamanın geç tohumlamaya kıyasla tohum performansını artırdığını göstermiştir. Tohum performansı ile GLA seviyesi arasında ekim tarihi ve azotlu gübre tüketimi ile ilgili olabilecek bir etkileşim vardır(Ghassemi vd., 2013; Asadi-Samani vd., 2014). Erken tohumlamada, Haziran ortasından Ağustos sonuna kadar daha sıcak günlerde tane dolgusu olduğunu elde edilen sonuçlar, yağlı tohum bitkileri üzerine yapılan diğer çalışmalarla eşleşecek

şekilde büyüme döneminde sıcaklık düşüşü olarak GLA miktarının azaldığını göstermektedir (Suchorska vd., 1997; Asadi-Samani vd., 2014). Azotlu gübre bitkinin uzunluğunu, dallarını ve üretim verimliliğini arttırır. En yeterli gübre miktarı hektar başına 250 kg azottur ancak fazlası üretim verimini düşürür. Mineral gübreler genellikle *Borago officinalis* ekiminde kullanılmaz. Bu bitkinin düzgün bir şekilde yetiştirilebilmesi için sadece azot ve fosfor miktarı değil, topraktaki potasyum miktarı da yeterli olmalıdır (Hendawy vd., 2010; Asadi-Samani vd., 2014). Çiçekli dallar tıbbi olduğu için toplanıp kurutulması ve doğru ilkelere göre paketlenmesi gerekir. Bu bitki tohum oluşumu başlamadan önce çiçeklenme döneminde hasat edilir. Gölgede taze havada veya 40°C sıcaklıkta kurutucu ile kurutulmalıdır. İklim durumuna göre üç veya dört hasat yapılır. *Borago officinalis* verimi dekara 1500-2500 kg kuru bitki arasındadır (Mhamdi vd., 2010; Asadi-Samani vd., 2014). *Borago officinalis* tohumu üretimindeki ciddi sorunlardan biri de sınırsız çiçek ve tohum dökümü sürecidir. Tohumlar tozlaşmadan yaklaşık 3 hafta sonra olgunlaşır. Tohumlar düşerken bitki çiçeklenmeye devam eder. Ortalama ekim oranı, hektar başına yaklaşık 400 kg olarak tahmin edilmektedir, bunun 320 kg'ı düşer ve 80 kg'ı hasat edilebilir (Suchorska vd.,1997; Asadi-Samani vd., 2014).

Borago officinalis yapraklarında bulunan bileşikler ise az miktarda pirolizidin alkaloidleri, likosamin, intermedin, sopinin, sopindian, yezan, colin; ALA (alfa-linolenik asit) (%55) ve GLA (gamma linolenik asit) (%4'ten fazla) dahil olmak üzere yağ asitleri; silisik asit (%1,5-22,0); potasyum, kalsiyum, nitrat potasyum (%3), asetik, laktik ve malik asit; δ-bornesitol, cianozhens; taze yapraklar ayrıca glikoz, galaktoza hidrolize olabilen mukoza, %30'a kadar arabinoz ve alantoein; tohumlama dönemindeki *Borago officinalis* 2,5-5,0 mg GLA ve 5,7-9,0 mg asetik asit içerir (Hermann vd., 2002; Asadi-Samani vd., 2014). Mayıs ve Haziran aylarında alt yapraklarda, Ağustos ve Eylül aylarında ise gövdenin üst yapraklarında linolenik yağ asitlerinin en fazla miktarı görülmektedir (Laurence, 2004; Asadi-Samani vd ., 2014). *Borago officinalis* tohumu yağı, genel olarak yüksek GLA içeriğinin varlığından dolayı terapötik ve besleyici potansiyeli nedeniyle dünyadaki çeşitli araştırma grupları arasında büyük ilgi görmüştür.

Borago officinalis, obsesif kompulsif bozukluğun tedavisinde de etkilidir. Bu bitkinin ekstraktının farelerde stres modelleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışmalar, hastaların serbest yağ asitleri eksikliği nedeniyle sedef hastalığına yakalandığını ve bu eksikliğin giderilmesi durumunda semptomların azalacağını ve hatta düzeleceğini göstermiştir. *Borago officinalis* bitkisi, inflamatuar kronik hastalıkların iyileşmesine etkisi onaylanmış GLA'nın zengin kaynaklarından biridir. *Borago officinalis* tohumu yağı, sedef hastalığı döküntülerinin iyileşmesi üzerinde etkili olmuştur (Amenta vd., 2000; Asadi-Samani vd., 2014). *Borago officinalis* tohumu yağı analizi ile ilgili araştırmalar, alkaloitlerin neden olduğu yan etkilerin varlığının mümkün olduğunu göstermektedir. *Borago officinalis* tohumu yağı, bu etkilerin ortaya çıkmasını önlemek için kronik cilt enflamatuar hastalıklarında da kullanılır. Cilt kaşıntısı ve uyarılma sorunları da bu bitki özü ile iyileştiği bildirilmiştir (Mhamdi vd., 2009; Asadi-Samani vd ., 2014). Boraginaceae familyasındaki birçok bitki, özellikle *Borago officinalis* ve onun İran çeşidi (*Echium amoenum*), İran geleneksel tıbbında eski çağlardan beri sakinleştirici olarak kullanılmıştır. Fitokimyasal çalışmalar, bu bitkide flavonoidlerin varlığını göstermiştir ve benzodiazepin reseptörlerine bağlanarak benzodiazepin benzeri etkiler üretebilmektedir. *Echium amoenum*'un metanol özütü ayrıca farede antikonvülsan etkiler göstermiştir. Bu bitkideki başlıca etkili maddeler pirolizidin alkaloidleri, flavonoidler, rosmarinik asit, antosiyaninler, saponinler, doymamış terpenoidler ve steroldür. Bu bitkinin muhtemel antikonvülsan etkileri flavonoidler, rosmarinik asit ve yukarıdaki maddelerin bazıları tarafından gerçekleştirildiği bildirilmiştir (May vd., 2012; Asadi-Samani vd., 2014). Elbette bu konunun ispatı bu maddeler üzerinde özel araştırmaları gerektirmektedir. *Borago officinalis* bitkisi idrar atılımını arttırdığı, kan basıncını düşürdüğü ve böbrek fonksiyonlarına fayda sağladığı yapılan araştırmalarda öne sürülen bulgular arasındadır (Meletis vd., 2002; Asadi-Samani vd., 2014). Aynı zamanda antioksidan ve serbest radikal temizleme özelliklerine de sahip olduğu rapor edilmiştir (Singh vd., 2017; Tewari vd., 2019). Bu durumun tohumlardaki yağın oksidasyona karşı gösterdiği dirençten öne geldiği düşünülmektedir (Zadernowski vd., 2002; Abu-Qaoud vd., 2018). Asetik asit, *Borago officinalis* tohumunun yağında az miktarda bulunan prostaglandin sentezinin öncüsüdür ve yapraklarında sıkça görülen yağ asididir (Rio-Celestino vd., 2008; Asadi-Samani vd., 2014). Linolenik asit ve palmetik asit çiçeklerden toplanır ve olgun yapraklarda yüksek düzeyde ALA bulunduğu bildirilmiştir (Griffiths vd., 1996; Asadi-

Samani vd., 2014). Yeşil yaprak uçucuları, zarın bozulması nedeniyle olumsuz ortamlara yanıtı hızla üretilr ve salar. Yeşil yaprak uçucu maddeler, linoleik asit ve α-linolenik asidin hidroperoksit yoluyla oksidatif bölünmesinin ardından ortaya çıkan ürünler olduğu bildirilmiştir (Matsui, 2006; Wannes vd., 2017). Yağ asitleri üzerine yapılan çalışmalar α-linolenik asidin yapraklarında baskın olduğunu bildirmiştir (Jaffel Hamza vd., 2013; Aidi Wannes vd., 2017). *Borago officinalis* özü, peroksidasyonu inhibe etme ve reaktif oksijen türlerini yakalama yeteneği sayesinde önemli antioksidan aktivitesi kazandığını göstermiştir (Miceli vd., 2015; Mohajer vd., 2016) .

Yaprak ve gövdede bulunan mukoza miktarı %3,8; çiçek salkımında %5,4'tür. Potasyum ve kalsiyum miktarları sırasıyla %5,3 ve %6,2 olarak bildirilmektedir (Rio-Celestino vd., 2008; Asadi-Samani vd., 2014). Çiçeklenme ile karşılaştırıldığında, sapta ve yaprakta daha az miktarda potasyum, zamk ve mukoza bulunur, ancak sap ve yaprakta daha fazla kalsiyum bulunur. *Borago officinalis* çiçek salkımına asit ve alkaloidde çözünmeyen mukoza, tanen, kalsiyum, potasyum ve kül içerir, ancak saponinler, flavonoidler ve siyanojenik glikozitler içermez (Farhadi vd., 2012; Asadi-Samani vd., 2014). *Borago officinalis* çiçekleri ve genellikle bitkinin tüm kısımları %30 mukoid madde içerir. Bitkinin yeşil kısımları nitrat potasyum reçine, malat ve az miktarda esans, manganez, fosforik asit ve allantoin içerir (Basar vd., 2013; Asadi-Samani vd., 2014). Bitki, mukoza bileşikleri (%12'ye kadar), tanenler (yaklaşık %4), saponinler, flavonoidler diğerleri arasında kuersetin, izorhamnetin ve kaempferol, fenolik asitler (vanilik, pcoumarik, p-hidroksibenzoik, gentisik, kafeik, rosmarinik, klorojenik) içermektedir (Zemmouri vd., 2014; Borowy vd.,2017). *Borago officinalis* yaprağında protein, lif, potasyum, demirde bol miktarda olup yaklaşık %94 oranında su içerir (Medrano vd., 1992; Borowy vd.,2017). Yağdan türetilmiş uçucu bileşikler esas olarak aldehitler, alkoller ve esterlerden oluşur (Xu vd., 2015;Wannes vd.,2017).

Borago officinalis ile ilgili yapılan çalışmalar, bitkisel kaynaklı antioksidanlar ve uçucu yağlardaki bazı bileşikler üzerine yapılan çalışmalar; *Borago officinalis* uçucu yağları hidro-damıtma ile ekstrakte edilerek kimyasal bileşimi, kütle spektrometrisine bağlı gaz kromatografisi ile belirlenmiştir. Uçucu yağ verimlerini analiz etmek için yapılan çalışmada uçucu yağ verimleri %0,14 ± %0,00 ila %0,18 ± %0,01 arasında

değişmektedir. Benzenasetaldehit, uçucu yağların ana bileşiği olarak ölçülmüştür (%7,11-9,16). Kromatografik analiz, kimyasal bileşimlerin bir bölgeden diğerine önemli ölçüde değiştiğini ortaya çıkarmışlardır. Diğer koleksiyonlarından çıkarılanlar, aldehitlerin baskınlığı (%27,02 ve %35,16), ardından oksijenli monoterpenler (%20,64 ve %20,58) ile karakterize edildiğini belirtmişlerdir. Üçüncü koleksiyondan (Tunus) elde edilen uçucu yağlar, oksijenli monoterpenlerin (%27,23), ardından aldehitlerin (%23,93) ve oksijenli seskiterpenlerin (%12,22) baskın olduğunu bildirmiştir (Zribi vd., 2019).

Abu-Qaoud vd., (2018) yabani ve kültüre alınmış *Borago officinalis*'in, toplam fenoller Folin Ciocalteu yöntemi ile belirlenirken, antioksidan aktivite 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil-hidrat testi kullanılarak değerlendirildirilmiştir. Fitokimyasal analizler karbonhidrat, fenoller, flavonoidler, fitosteroidler tanenler ve uçucu yağın varlığını göstermiştir. Yabani olarak büyüyen *Borago officinalis* bitkisinin metanolik ekstraktının toplam tanen içeriği 21,33mg GA g^{-1} iken bu değer, 13,7mg GA g^{-1} ile yetiştirilen *Borago officinalis*' den daha yüksek çıkmıştır. Yabani yaprak özütünün IC50'si =6,3µg mL^{-1} 'ye sahip olduğu için yabani yaprak özütü IC50 değerine daha yüksek antioksidan değerine daha yakın bir değere sahiptir, ekili yaprak özütü ise daha yüksek IC50= 8,7µgmL^{-1} 'ye sahiptir, bu da daha düşük antioksidan aktivite anlamına gelmektedir. Bu çalışmanın verileri, *Borago officinalis* ekstraktlarının antioksidan ve serbest radikal süpürücü aktivitelere sahip olduğunu göstermiştir (Abu-Qaoud vd., 2018).

DPPH analiz yöntemi ile *Borago officinalis* bitkisinin antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Etanolik özünün en yüksek radikal temizlemeyi (92,85 ± 3,07µg mL^{-1}) sergilediği bulunmuştur. BHT ve vitamin C, IC50 değerleri sırasıyla 22,5 ± 0,62 µg mL^{-1} ve 3,14±0,36µg mL^{-1} olarak tespit edilmiştir. Test edilen numunelerin DPPH radikal süpürücü aktivitesi sırasıyla: Vitamin C > BHT > etanolik ekstrakt > sulu ekstrakt olarak tespit edilmiştir. İstatistik sonuçlar, etanolik ve sulu özler arasında DPPH antioksidan aktivitesinin yüksek bir anlamlı farkını ($P \leq 0,01$) ortaya koymuştur. Bu nedenle, standartlar ve etanolik ekstrakt arasında anlamlı bir fark ($P \leq 0,01$) ve standartlar ile sulu ekstrakt arasında anlamlı bir fark ($P \leq 0.001$) olduğunu bildirmiştir. Yapılan analiz sonucunda *Borago officinalis*'in etanolik ekstraktının toplam

antioksidan aktivitesinin 1,37 oranında BHT'den daha yüksek olduğunu göstermektedir (Zemmori vd.,2019).

Borago officinalis çiçeklerinin çeşitli ekstraktlarının antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri değerlendirildiği araştırmada ekstraktların antioksidan aktivitesi, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), b-karoten/linoleik asit ve indirgeme gücü deneyleri kullanılarak değerlendirilmiştir. DPPH tahlilinde, ekstrelerin serbest radikal süpürme aktivitesinin sırası; metanol ekstresi (ME) aseton ekstresi (AE) su ekstresi (SE) olduğu görülmüştür. B-karoten/linoleik asit testinde SE'nin inhibisyon kapasitesi % 95,62 ile en yüksek seviyede olduğu gözlenmiştir. İndirgeme gücü testi kullanıldığında, DPPH testinde verilene benzer bir aktivite paterni gözlenmiş, ekstraktların antibakteriyel aktivitesi, dört bakteriye karşı disk agar difüzyonu ile test edilmiştir. *Borago officinalis* çiçeklerinin AE ve SE sırasıyla *Bacillus subtilis* ve *Listeria monocytogenes*'e karşı etkisi tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *Borago officinalis* çiçeğinin SE'si güçlü antioksidan aktivite gösterdiğini bildirilmiştir (Aliakbarlu vd., 2012).

Soğuk kurutulan *Borago officinalis* yapraklarının su ekstraktının, PUFA'larla zenginleştirilmiş kuru fermente sosislerde yağ oksidasyon sürecini geciktirme kapasitesinin bir değerlendirmesi hususunda yapılan araştırmada. Liyofilize ekstre (340 ppm), BHA ve BHT karışımının 200 ppm'sine eşdeğer bir antioksidan kapasite göstermiştir. PUFA ile zenginleştirilmiş iki parti kuru fermente sosis geliştirilmiş, bunlardan biri sentetik bir antioksidan karışımı (200 ppm BHA + BHT) ve diğeri doğal antioksidanlar 340 ppm *Borago officinalis* yaprağı liyofilize su özütü ile desteklenmiştir. Ekonomik ve güvenlik açısından, özütleme çözücüsü olarak su kullanımı, PUFA ile zenginleştirilmiş kuru fermente sosislere eklenecek doğal antioksidanların elde edilmesi için değerli bir alternatif olduğu öne sürülmüştür (Garcia vd., 2009).

Uçucu içerikli ürünlerin radikal temizleme kapasiteleri DPPH testi ile ölçüldüğü çalışmada, fesleğen *O. basilicum* esansiyel yağının ana bileşeni olan Linalool, tüm yağdan daha düşük dozda antioksidan aktivite (IC50 16,4 g mL^{-1}) sergilemiştür. Tepe vd., (2007) ve Vardar-Ünlü vd., (2003), bulgularına göre *Nepta flavida* ve *Thymus pectinatus* tüm esansiyel yağının, tek tek bileşenlerden daha fazla antioksidan aktivite

gösterdiğini ve bu da uçucu yağ bileşenlerinin olası sinerjistik etkileşimini gösterdiğini bildirmiştir. Bozin vd., (2006), IC50 0,4 g mL^{-1} ile *O. basilicum* uçucu yağının IC50 5,4 g mL^{-1} ile BHT'den daha verimli olduğunu bulmuşlardır. *O. basilicum*'dan elde edilen uçucu yağların ve ana bileşeni olan linalool'ün mantar önleyici etkinliğini bildirmiştir (Bozin vd., 2006; Sokovic vd., 2006). *O. basilicum*'dan elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal aktiviteleri, kısmen yüksek linalool içeriğinin varlığına bağlı olduğu bildirilmiştir (Koutsoudaki vd., 2005; Hussain vd., 2008).

Wangensteen vd., (2004), kişniş tohumlarından elde edilen uçucu yağın zayıf inhibitör aktivite gösterdiğini ve linaloolün inaktif olduğunu ve kişniş yağının neredeyse hiç antioksidan aktiviteye sahip olmadığını açıklamıştır. Buna karşılık, Samojlik vd., (2010), kişniş yağının %5,35 IC50 değeri gösterdiği ve linaloolün DPPH radikalinin stabilizasyonunda lider bir bileşen olduğunu kanıtladığı benzer sonuçları tanımlamıştır. β -karoten ağartma testi yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre kişniş yağı IC50 değeri %0,23 ve linalool'ün IC50 değeri %1,52 referans olarak kullanılan sentetik antioksidan BHT IC50 değeri %3,58 den daha düşük bir değer sunduğunu gözlemlemek mümkündür. Kişniş yağı ve linalool, BHT inhibitör potansiyelinden daha yüksek olan lipit peroksidasyonunu inhibe etme potansiyeli göstermiştir. Antioksidan aktivitedeki genel sonuçları dikkate alarak, kişniş yağı ve linaloolün ilgili radikal atma özelliklerine ve yağ peroksidasyonunu inhibe etmek için önemli bir kapasiteye sahip olduğu sonucuna varmışlardır (Duarte vd.,2016).

Sarı kamelya (*Camellia nitidissima*), yaprak ve çiçeklerinden elde edilen uçucu yağlar hidro-distilasyon ile elde edilmişler. Yağların %77,5'ini ve %96,8'ini oluşturan toplam 56 ve 34 bileşen GC-MS ile tanımlanmıştır. Linalool (%35,8), fitol (%7,9), cis-geranil aseton (%7,3) ve metil salisilat (%6,8) yaprak yağında birincil bileşenler olarak bulunurken, çiçek yağı a-eudesmol (%34,3), ceudesmol (%31,5) ve linalool (%11,1) açısından zengin olduğunu belirtmişler. Sarı kamelya yapraklarının etanol özütü, 281,04 mg gallik asit eşdeğeri g^{-1} toplam fenol içeriğine sahip olduğunu ve iki yağın ve özütün antioksidan aktiviteleri, DPPH ve troloks eşdeğerliği antioksidan kapasite yöntemi (TEAC) ile değerlendirilmişltir. IC50 değerleri, DPPH için 17,4 (özüt) ila 720,3 g mL^{-1} (çiçek yağı) ve ABTS için 28,8 (özüt) ila 889,6 g mL^{-1} (çiçek yağı) arasında değişmiştir. Her iki uçucu yağın da orta düzeyde antioksidan aktivite

sergilediği ve özü, vitamin C'ye yakın güçlü etkilere sahip olduğunu söylemişlerdir (Wang vd.,2018)

Sitral açısından zengin limon otu (*Cymbopogon citratus*) esansiyel yağının, β -karoten ağartma testi ile yapılan çalışmada, linoleik asidin otoksidasyonuna karşı oldukça iyi bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bulmuşlardır (Sacchetti vd., 2005). Öte yandan, Ruberto-Baratta, yumurta sarısı homojenatının otooksidasyonunu inceleyerek, linalool için pro-oksidan etki ve limonen ve sitral için hemen hemen ihmal edilebilir bir antioksidan etki bulmuşlardır (Ruberto-Baratta, 2000). *Cinnamomum osmophloeum* (Lauraceae) yağı, DPPH radikalini temizleme kabiliyetinin araştırıldığı çalışmada IC50 değeri: 29,7 μg mL^{-1} olarak tespit edilmiş ve bu aktivitenin ana bileşik olan linalool (%73) ile ilişkilendirilmiştir (Lin vd., 2007).

Wang vd. (2011) *Larix gmelini* (Rupr.) taksifolini ekstrakte ederek DPPH analiz metodu ile antioksidan aktivitesini incelemiştir. Analiz sonucunda 21,83 mmol vitamin C radikal süpürücü aktivitesini 1 g taksifolinle dört kat daha fazla radikal süpürücü aktivitesi olduğunu belirtmişlerdir (1 g vitamin C 5,68 mmol'dür).

DPPH analiz yöntemi ile biberiyeden ekstrakte edilen rosmarinik asit, karnosik asit, karnosal ve ursolik asidin antioksidan aktivitelerini tayin etmişlerdir. Analiz sonucunda biberiye ekstraktında bulunan bu dört asidin derişime bağlı olaral aktivite gösterdiği çalışmada kullanılan C ve E vitaminlerinden daha iyi antioksidan aktivite gösterdikleri anlaşılmıştır. Rosmarinik asit 0,49 μm , karnosik asit 0,59 μm, karnosal 0,6 μm ve ursolik asit >10 μm olarak bulunmuştur (Lo vd., 2002; Yavaşer, 2011).

Yang vd. (2008) doğal bir flavon türevi olan rutinin DPPH ve β-karoten yöntemiyle antioksidan aktivitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Standart radikal temizleyiciler olarak BHT ve C Vitamini kullanmışlardır. Rutin ve standartların DPPH radikali üzerindeki süpürücü etkisi Vitamin C>rutin>BHT sırasıyla azalmış ve 0,05 mg mL^{-1} konsantrasyonunda elde edilen inhibisyon sırasıyla %92,8, %90,4 ve %58,8 olarak tespit etmiştir. Benzer şekilde Baydar vd., (2007) rutinin DPPH radikallerine karşı yüksek temizleme etkinliği gösterdiğini, BHT'nin ise rutine göre zayıf ila orta düzeyde aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, rutinin serbest radikalleri

temizlemede gözle görülür bir etkiye sahip olduğunu gösterdiğini ve artan konsantrasyonla birlikte serbest radikal temizleme aktivitesininde arttığını belirtmişlerdir.

Antosiyaninler, Litchi (*Litchi chinenesis* Sonn.) meyve perikarpından ekstrakte edilip saflaştırılarak ve antioksidan özellikleri DPPH metoduyla hesaplanmıştır. Litchi meyve perikarpından elde edilen antosiyaninler, linoleik asit oksidasyonunu güçlü bir şekilde inhibe etmiş ve DPPH radikali, süperoksit anyonları ve hidroksil radikaline karşı doza bağlı bir serbest radikal süpürücü aktivite sergilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, hasat edilen litchi meyvesine antosiyaninlerin uygulanması, perikarpların esmerleşmesini önemli ölçüde önlemiş ve zar geçirgenliğindeki artışı geciktirmiştir. Antosiyaninlerin, vitamin C ve BHT nin 100 μg mL^{-1} 'deki indirgeme gücü sırasıyla 3,70, 0,427 ve 0,148 olarak bulunmuş, bu da litchi meyvesinin perikarpından elde edilen antosiyaninlerin güçlü bir elektron verme kapasitesine sahip olduğunu söylemişlerdir (Duan vd.,2007).

İran'da yetiştirilen *Rosa damascena* gül türünün antioksidan aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada ise taze olan güllerden elde edilen ekstraktının serbest radikal temizleyici özelliği olan tokoferolünün , BHT' e göre antioksidan aktivitesinin yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir (Yassa vd., 2009; Çalık , 2017).

Balık yağlarına antioksidan ilavesinin etkileri üzerine yapılan çalışmalar ise; Uskumru balık yağına dört farklı antioksidan (TBHQ, BHT, BHA, SA) eklenip, iki farklı sıcaklık koşullarında depolama ile oksidasyonun değerlendirildiği çalışmada uskumru yağı için en iyi antioksidan etkisinin TBHQ ve BHA ilavesi ile sağlandığı bildirilmiştir (Fakir ve Waghmare, 2015).

Morales vd., (2015), ω-3 PUFA'ca zengin sardalya yağının stabilizasyonu için α-tokoferol, askorpil palmitat ve sitrik asitin farklı kombinasyonlarını kullanmışlardır. Birincil oksidasyon ürünlerini en aza indirgeyen PD için optimal değerleri görülmüştür. Balık yağına farklı oranlarda α-tokoferol ilave edilerek çeşitli sıcaklıklarda yürütülen çalışmada en iyi sonuçların α-tokoferol ilave edilen gruplarda

en düşük -40℃ ve en yüksek sıcaklık değeri olarakta +4℃'de elde edildiği belirtilmektedir (Zuta vd., 2007).

Carvajal vd., (2014), ringa balığı işleme endüstrisi yan ürünlerinden balık yağı elde etme işlemi esnasında hammadde içerisine ilave edilen farklı antioksidanlarla oksidasyon etkinliğini incelemişlerdir. Hidroliz yöntemiyle hammadde içerisine BHT eklenmiş, ısıl işlem yöntemiyle 500 ppm propil gallat ve 1000 ppm'lik sitrikasit ve 500 ppm BHT ilavesi yapılmıştır. İşlem esnasında antioksidan ilavesi yapılmış olan örneklerde yapılmamış olanlara göre %71 daha düşük TOTOX değeri tespit edilmiştir.

Farklı oranlarda α-tokoferol ve askorpil palmitat eklenilen balık yağını 25 ℃ sıcaklıkta 30 gün bekletilmiş, sardalya yağının stabilizasyonu için en iyi sonuçları 50-207 ppm α-tokoferol, 450 ppm askorpil palmitat ilave edilen gruplardan elde ettiklerini bildirmişlerdir (Morales vd. 2015).

Yabani mercan köşkü kurutularak balık yağında oksidasyona etkisi araştırılmış ve % 1 lik özütünün 200 ppm'lik TBHQ ile aynı etkiyi gösterdiği bildirilmiştir (Tsimidou vd., 1995; Çalık, 2017).

Doğal ürünlerin içinde yer alan Kahverengi algler üzerine yapılan çalışmada (Xiaojun vd., 1996; Çalık,2017); *Sargassum kjellmanianum*'dan elde edilen BHT'den yaklaşık 2,6 kat daha fazla antioksidan seviyesiyle balık yağı oksidasyonunu önlediği tespit edilmiştir.

Wada vd., (1992) tarafından 30 °C'de sardalya yağında α-tokoferol (%0,02) ve biberiye özütü (%0.02) arasında güçlü bir sinerjistik etki gözlemlenmiştir. Yazarlar, biberiye özütünün bir hidrojen atomu vericisi olarak işlev gördüğünü ve böylece a-tokoferoksil radikalini α-tokoferole dönüştürdüğünü öne sürdüler. α-tokoferol ve biberiye özütü (%0,035 + %0,035) karışımı da kullanılmıştır. Fe_2+ veya hemoprotein Fang vd., (1993) tarafından katalize edilen balık lipid oksidasyonunu inhibe ettiğini belirtmişlerdir.

Nieto vd., (1993) sardalya yağının 60 °C'de oksidasyonu sırasında, kateşin, morin ve kersetin'in, a-tokoferol ile karşılaştırılabilir olan güçlü antioksidatif etkiler

sergilediğini bulmuşlardır. Marcuse (1961) ringa balığı yağı oksidasyonunda amino asitlerin antioksidatif etkilerini araştırmış, histidinin en belirgin etkiyi gösterdiğini bulmuştur. Daha sonra Revankar,(1974) sardalya yağında %0.02'lik prolin'in bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ile eşdeğer olduğunu bildirmiştir. Biberiye (öğütülmüş bitki materyali olarak %1), sardalya yağının 40 °C'de oksidasyonunu etkili bir şekilde engelleyebileceği, %0.03 BHT'den 2,5 kat daha etkili olacağı Pizzocaro vd., (1985)'ni yaptığı araştırmada raporlanmıştır. Ayrıca, 40 °C'de karanlıkta saklanan uskumru yağında %0,5 kuru kekik etkililiği, 200 ppm BHT ve %0,5 kuru biberiye ile aynı etkinin gözlendiği tespit edilmiştir (Tsimidou vd., 1995; Yanishlieva vd., 2001) .

Hamadou vd., (2013); Çalık, (2017) yaptığı çalışmada patates kabuğunun, gümüş sazan balığı yağındaki oksidatif stabilitesi incelenmiş ve farklı solventlerle hazırlanan ekstraktının patates kabuğunun doğal antioksidan olarak balık yağında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

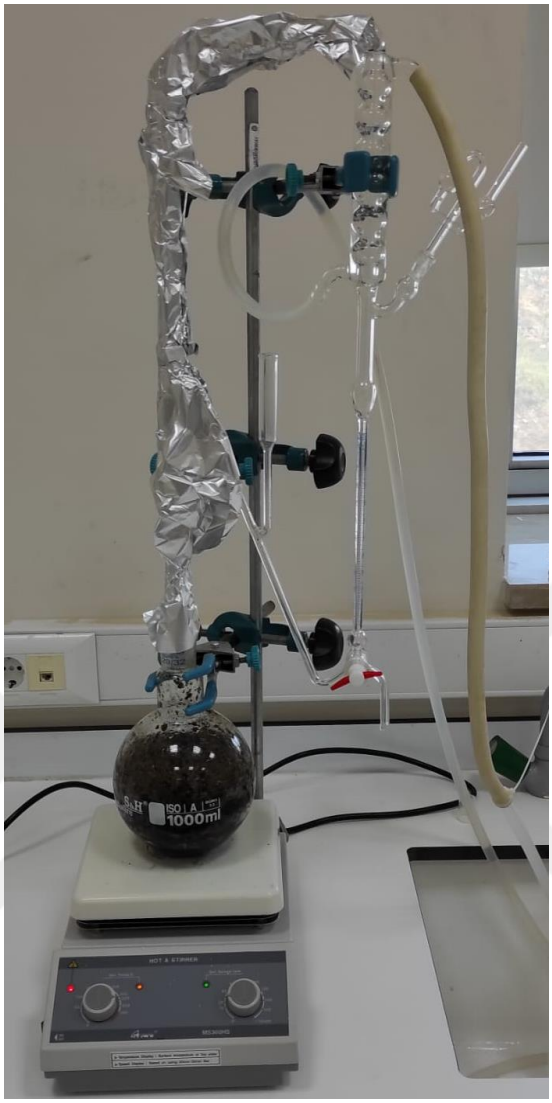
3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan *Borago officinalis* yaprakları Kastamonu semt pazarından Haziran 2020 tarihinde satın alınmıştır. Kullanılan endüstriyel balık yağı ise balık yemi hammaddeleri satan iktisadi işletmeden temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 *Borago officinialis* Yapraklarından Uçucu Yağ Elde Edilmesi

Çalışmada kullanılan *Borago officinialis* yaprakları temin edildikten sonra laboratuvara getirilmiş ve içme suyuyla temizlenmiştir. Sonrasında yapraklar laboratuvar makası ile küçük parçalara ayrılmıştır. *Borago officinalis* yaprakları distile su (100g 300 mL^{-1}) (Kesbiç vd., 2020) ile yuvarlak tabanlı balon içerisine alınıp clevenger düzeneği ile hidrodistilasyona tabii tutulmuştur (Şekil 3.1.). Üç saatlik distilasyon işlemi neticesinde toplayıcıda biriken distilatın üst fazı amberli cam viallere alınmış ve üzerlerine azot gazı basılarak analiz ve çalışmada kullanılmak üzere -20°C' de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1 *Borago officinalis* yapraklarından uçucu özüt distilasyonu.

3.2.2 *Borago officinalis* Yaprağı Uçucu Özütünün Analizi

Uçucu özütün analizi GC/MS GC/MS (Shimadzu GCMS QP 2010 ULTRA) ile yapılmıştır. Analiz esnasında cihazda RTX-5MS marka kapiler kolon (30m; 0,25 mm; 0,25 μm) ve taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Kolon fırın sıcaklığı 40°C, arabirim (interface) sıcaklığı 250°C, iyon kaynağı sıcaklığı 200°C ve enjeksiyon sıcaklığı 250°C olarak ayarlanmıştır. Enjeksiyon hacmi 1µL olup, enjeksiyonda bölünmüş (split) (1/5) yöntem kullanılmıştır. Analiz esnasında 40°C'de 3 dk, 40°C'den 240°C'ye 4°C/dk artışla, 240°C 10dk, 240°C'den 260°C'ye 4°C/dk artışla, 260°C'de 10 dk., toplam 78dk süren fırın programı uygulanmıştır (Kesbiç 2019).

3.2.3 *Borago officinalis* Uçucu Özütünün Antioksidan Etkisi

Borago officinalis uçucu özütünün DPPH radikali üzerindeki süpürücü etkisini tespit etmek amacıyla, 0,2 mL uçucu özüt, 0,5 mL DPPH çözeltisi ile 4 mL % 80'lik etanol oluşan karışım 15'' vortekste karıştırılıp, 15 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda karışım UV-VIS spektrofotometrede 517 nm'de kör örneğe karşın okutulup, absorbansları kaydedilmiştir. (Beta vd., 2005) ve % süpürücü etki değerleri aşağıdaki formül ile tespit edinmiştir (Denklem 3.1).

% süpürücü etki = [1- (AS/A0)] x 100 (3.1)

Aynı işlem farklı konsantrasyonlardaki butillenmiş hidroksitoluen (BHT), askorbik asit (Vitamin-C) ve *Borago officinalis* (hodan) esansiyel yağına (HEY) uygulanmış, uygulama sonrasında elde edilen grafik yardımıyla ürünlerin %50 süpürücü etkisi (IC50) hesaplanmış ve kıyaslanmıştır (Karamach vd.,2002).

3.2.4 Termal Oksidasyon Çalışması

Balık yağının termal oksidasyonunda *Borago officinialis* uçucu özütünün koruyucu etkisini belirlemek için balık yağı içerisine % 0 (HUY0), 0,1 (HUY0,1), 0,5 (HUY0,5), 1 (HUY1) ve 3 (HUY3) oranlarında *Borago officinalis* (hodan) uçucu özütü ilave edilmiştir ve deney grupları oluşturulmuştur. Deney grupları sıcaklığa dayanıklı şişeler içerisinde etüve yerleştirilmiş ve sürekli havalandırılarak 24 saat boyunca 70±0,5 °C'de termal oksidasyona tabii tutulmuştur (Şekil 3.2.).

Şekil 3.2 Balık yağının termal oksidasyon uygulaması.

3.2.5 Peroksit Değerinin Belirlenmesi

Termal oksidasyonun etkisi ve *Borago officinalis* uçucu özütünün koruyuculuğunu belirlemek için Amerika Yağ Kimyası Birliğinin AOAC yayınladığı peroksit tayini yöntemi (Cd 8b-90) kullanılmıştır (Karami vd., 2020). Bu maksatla termal oksidasyon uygulanmamış balık yağı (Kontrol) ve deney gruplarından alınan örnekler g 5 mL^{-1} kloroform ile çözülmüş, 15 mL asetik asit ve 1 mL doymuş potasyum iyodür ilavesinden sonra 10 dk karanlık ortamda ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. Beklemenin ardından 75 mL de-iyonize su ve birkaç damla nişasta (%1'lik) indikatörlüğünde 0,01 N ayarlı sodyum tiyosülfat ile titrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Titrasyon bitiş noktası olan berrak renk oluşumunda elde edilen sarfiyat miktarı aşağıdaki formül vasıtasıyla peroksit değeri hesaplanmıştır (Denklem 3.2).

Peroksit değeri = [(V1-V0) x N] / V (3.2)

V1 ve V0 sırasıyla örnek ve kör için harcanan miktar, N; titrasyon çözeltisinin normalitesi ve M de örnek ağırlığıdır. Üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş olan peroksit sayısı analiz sonuçları meqO2/kg yağ şeklinde değerlendirilmiştir.

3.2.6 İstatistiksel Analiz

Denemede elde edilen verilerin analizleri SPSS 17 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanıp Tukey çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Gruplar arası farklılıklar $p<0,05$ olarak değerlendirilmiştir

4. BULGULAR

4.1 *Borago officinalis* Yaprağı Uçucu Özütünün Bileşenleri

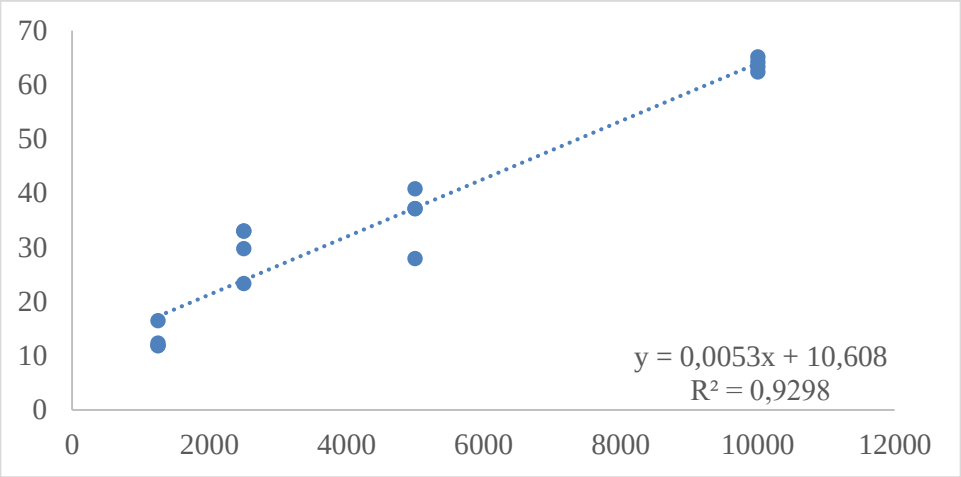
Distile edilen *Borago officinalis* yaprağı uçucu özütünden yapılan gaz kromotografisi, kütle spektroskopisinden elde edilen iyon kromotogramlarının W9N11 kütüphanesi ile karşılaştırılması neticesinde ürünün uçucu bileşen profilinin %96,81'i tanımlanabilmiştir. *Borago officinalis* uçucu özütü, uçucu bileşen profili Tablo 4.1' de sunulmuştur.

Tablo 4.1. *Borago officinalis* yaprağı uçucu özütünün uçucu bileşenleri.

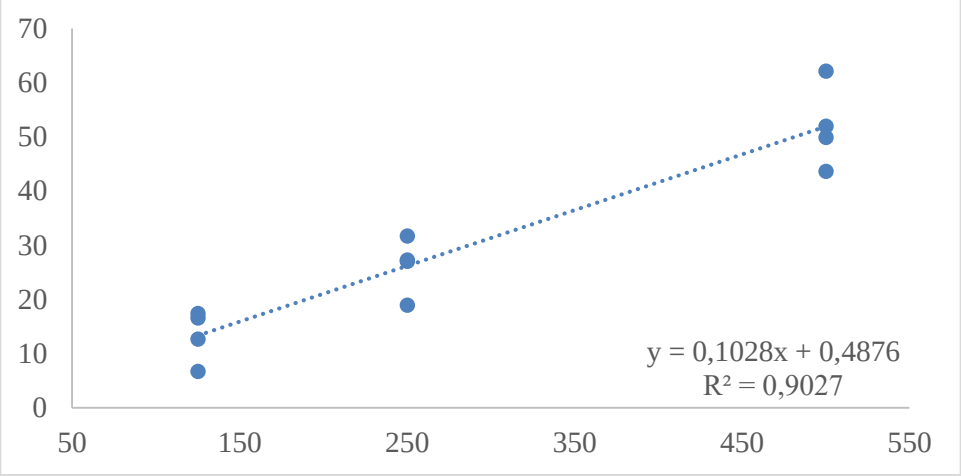
Sn.	Bileşen	Alıkoyma Zamanı (')	Konsantrasyon (%)
1	Benzenaldehit	10,093	3,51
2	Vinil amil karbinol	10,979	1,57
3	Dekan	11,606	1,17
4	D-Limonen	12,692	0,83
5	1,8- Sineol (Ökaliptöl)	12,806	7,22
6	Benzeneacetaldehyde	13,387	28,59
7	Linalool	15,667	13,60
8	Nonanal	15,772	4,09
9	3-Acetylheptane-2,6-dione	15,906	5,19
10	α- Terpineol	19,169	7,34
11	Undekan	19,390	1,92
12	α- Terpinil asetat	24,833	7,01
13	β-İonon	29,404	3,88
14	Karyofilen oksit	32,478	2,67
15	Heptadekan	35,707	2,01
16	2-Metil-3-izopropenilsikloheksanol	36,692	6,21
17	Hekzanhidrofarnesil aseton	39,754	3,18

4.2 *Borago officinalis* Uçucu Özütünün Antioksidan Potansiyeli

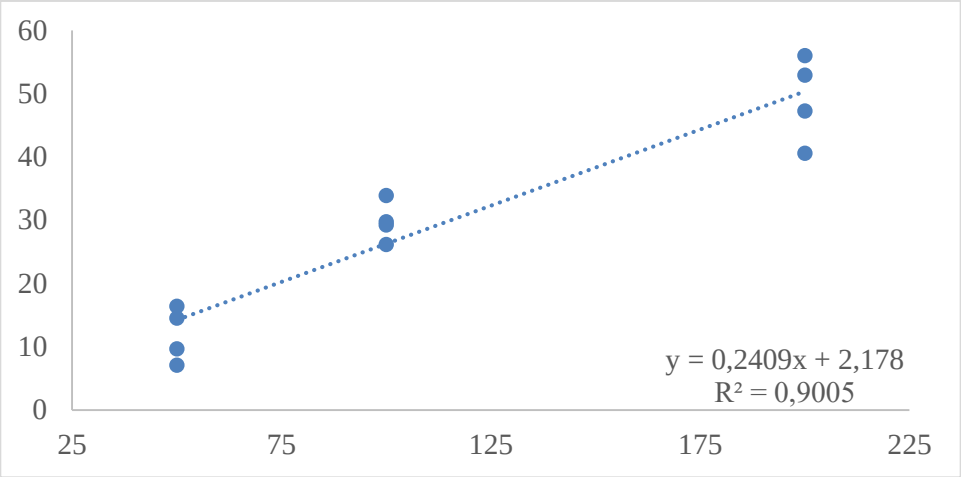
Borago officinalis yaprağı uçucu özütünün DPPH radikali üzerine süpürücü etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ürünün antioksidan etkisi konsantrasyona bağlı değişim göstermekle birlikte *Borago officinalis* yağı antioksidan etkisini skorlamak amacıyla endüstriyel antioksidan olan BHT ve Vitamin C ile yapılmış antioksidan çalışmalarının IC50 değerleri tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde *Borago officinalis* uçucu özütünün (HUY) IC50 değeri 7432,45 ppm (Şekil 4.1), BHT'nin IC50 değeri 481,64 ppm (Şekil 4.2) ve Vitamin-C' nin IC 50 değeri 198,51 ppm (Şekil 4.3) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.1 HUY % serbest radikal süpürme etkisi



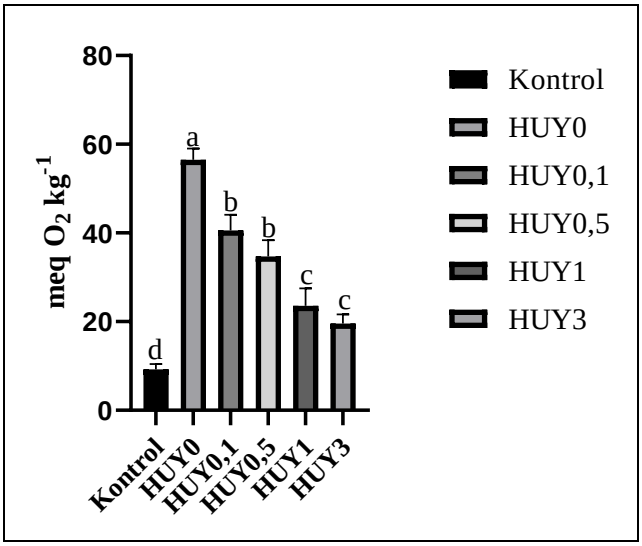
Şekil 4.2 BHT % serbest radikal süpürme etkisi



Şekil 4.3 Vitamin C % serbest radikal süpürme etkisi

4.3 *Borago officinalis* Uçucu Özütünün Balık Yağını Koruyucu Etkisi

Farklı konsantrasyonlardaki *Borago officinalis* uçucu özütünün termal oksidasyon uygulanmış balık yağı üzerine koruyucu etkisi Şekil 6.' da sunulmuştur. Yapılan çalışma neticesinde *Borago officinialis* uçucu özütünün koruyucu etkisi konsantrasyonuyla doğru orantılı bir biçimde artış göstermekle birlikte %1 ve %3 uygulamaları arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Bu sebeple bulgular iktisadi olarak en yüksek korumanın %1 *Borago officinalis* uçucu özütü uygulanan grupta olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.4 Deney gruplarının termal oksidasyon uygulanmış balık yağı üzerindeki koruyucu etkisi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Borago officinalis bitkisi Ülkemizde özellikle Batı Karadeniz Bölgesinde ilkbahar sonun da yaz aylarının ilk haftalarından itibaren toplanan ve semt pazarlarında tüketim maksatlıyla alıcı bulan popüler bir yabani ot türüdür. Çalışmalar, *Borago officinalis* otunun yöresel yemeklerine olan talebin arttığı ve pazarlanması hususunda çalışmalar yapılması gerektiğini bildirmektedir (Akkuş ve Akkuş 2019). Gastronomi alanındaki kullanımından ziyade *Borago officinalis* otu eski çağlardan itibaren içerdiği farklı bileşenlerden gelen etkileri sebebiyle geleneksel tıp uygulamalarında kullanıldığına ilişkin birçok araştırma bulunmaktadır (Akbar, 2020). 16. yy. 'da tıbbi bitkilerin adlandırmalarına ilişkin yapılan araştırmada *Borago officinalis* otunun "boraàu" olarak isimlendirildiğinden bahsedilmektedir (Gümüşatam, 2015). Yapılan antropojenk çalışmalarda geleneksel tedavi yöntemlerinde, *Borago officinalis* otundan elde edilen ürünlerin birçok rahatsızlık için kullanıldığı bildirilmiştir. Örneğin *Borago officinalis* otu yaprak ve çiçeklerinin demlendikten sonra içilmesinin idrar söktürücü etkisi olduğu, sakinleştirdiği ve pekliğe iyi geldiği beyanedilmektredir (Ugulu vd., 2009). Bununla birlikte *Borago officinalis* otu tohumundan elde edilen sabit yağın GLA bakımından oldukça zengin olduğu, hatta bu sebeple tohum üretimi yapmak maksatıyla bitkinin kültüre edildiği bilinmektedir (Hermann vd., 2002). *Borago officinalis* bitkisinin farklı kısımlarının farklı yöntemlerde işlenmesi neticesinde elde edilen ürünlerin antioksidan etki gösterdiği birçok araştırma neticesinden tespit edilmiştir. Bu araştırmalarda genellikle bitkinin çiçeği (Aliakbarlu ve Tajik 2012) ve yaprakları kullanılmıştır (Wannes vd., 2017).

Yapılan çalışmada *Borago officinalis* otu yapraklarından elde edilen ürünün uçucu bileşen analizinde 17 molekül tespit edilmiş olup içeriğin toplamda %96,81'i adlandırılabilinmiştir. Bununla birlikte *Borago officinalis* elde edilen üründe benzensetaldehit ve linalool moleküllerinin yüksek derişimleriyle ürünün majör bileşeni oldukları görülmüştür. *Borago officinalis* otu üzerine yapılan bir başka araştırmada Tunus'un farklı bölgelerinden toplanan *Borago officinalis* yapraklarının uçucu bileşen analizlerinde ürün içeriğinin farklılıklar gösterdiği bununla birlikte benzenasetaldehit ve linalool içeriklerinin diğer bileşenlerden yüksek olduğu

bildirilmiştir (Zribi vd., 2019). Bir başka araştırmada ise, Tunus'un farklı iki bölgesinden *Borago officinalis* çiçekleri toplanmış, çiçeklerden distile edilen uçucu özütün yüksek miktarda benzenasetaldehit içerdiği bununla birlikte linalool içeriğinin yok denilecek kadar az olduğu bildirilmiştir (Salem vd., 2014). Yapılan araştırmanın güncel literatürlerle karşılaştırılması neticesinde bitkinin farklı bölümlerinden elde edilen ürünlerin biyoaktif içeriklerinin farklılık gösterebileceğini neticesine varılmıştır. Bununla birlikte *Borago officinalis* bitkisinin uçucu distilatlarını inceleyen araştırmalar ilgili çalışmada olduğu gibi majör bileşen olarak niteledğimiz her iki molekülü tespit etmişlerdir.

Linalool uzun zamandır yüksek antioksidan etki gösterdiği bilinen bir moleküldür (Jabir vd., 1986). Çalışmada elde edilen uçucu özütün yüksek antioksidan etkinliğinin içerdiği linaloolden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmada HUY konsatrasyonundaki artışın balık yağı oksidasyonunu kısmen baskıladığı gözlenmektedir. Bu durumun HUY konsantrasyonuna bağlı artış gösteren linaloolden ileri geldiği düşünülmektedir. Adaçayı, bakla kekik ve *Borago officinalis* otundan elde edilen farklı ürünlerin kanola yağında oksidasyona karşın koruyucu etkisini belirlemek üzere yapılmış olan bir araştırmada *Borago officinialis* bitkisinden elde edilen ürünün termal süreçlerde kanola yağını oksidasyona karşı koruduğu sonucuna varılmıştır (Bandonienė vd., 2002). Benzer şekilde yapılan çalışmada kullanılan HUY doymamış yağ asitleri bakımından zengin olan balık yağını termal süreçte oksidasyona karşı korumuştur.

Sonuç olarak *Borago officinalis* bitkisi yapraklarından elde edilen uçucu özüt benzenasetaldehit ve linalool içeriği bakımından nitelikli bir kaynak olup, antioksidan etki göstermektedir. Termal süreçlere bağlı balık yağı oksidasyonunu inhibe edebilme potansiyeli vardır. Yenilebilir ürünlerin sentetik ürünler yerine kullanımının yaygınlaşmasının desteklediği düşüncesiyle, HUY kullanımının yağlı yem ve gıda maddelerinin oksidasyona karşı korunmasında kullanımına ilişkin çalışmaların yapılmasının ürünün kullanım alanı ve potansiyelini geliştireceği inancı oluşmuştur.

KAYNAKLAR

Abu-Qaoud, H., Shawarb, N., Hussen, F., Jaradat, N., & Shtaya, M. (2018). Comparison of qualitative, quantitative analysis and antioxidant potential between wild and cultivated Borago officinalis leaves from palestine. Pakistan journal of pharmaceutical sciences, 31(3).

Ackman, R. G., & Cormier, M. G. (1967). α-Tocopherol in some Atlantic fish and shellfish with particular reference to live-holding without food. Journal of the Fisheries Board of Canada, 24(2), 357-373.

Aidos, I., Lourenclo, S., Van der Padt, A., Luten, J. B., & Boom, R. M. (2002). Stability of crude herring oil produced from fresh byproducts: influence of temperature during storage. Journal of food science, 67(9), 3314-3320.

Akbar, S. (2020). Borago officinalis L.(Boraginaceae). In Handbook of 200 Medicinal Plants (pp. 445-450). Springer, Cham.

Akkuş, Ç., & Akkuş, G. (2019). Yöresel Yiyeceklerin Pazarlanması Hususunda Yönetici Tutumlarının İncelenmesi. OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 13(19), 1447-1471.

Aliakbarlu, J., & Tajik, H. (2012). Antioxidant and antibacterial activities of various extracts of Borago officinalis flowers. Journal of Food Processing and Preservation, 36(6), 539-544.

Allen, D. A. (1995). Fish oil compositions. Fish oil: technology, nutrition and marketing. Barnes, Bridgwater, 95-108.

Amenta, R., Camarda, L., Di Stefano, V., Lentini, F., & Venza, F. (2000). Traditional medicine as a source of new therapeutic agents against psoriasis. Fitoterapia, 71, S13-S20.

Applewhite, T. H., ed. 1985. Bailey's industrial oil and fat products, Vol. 3.4th ed., 99–100. New York: John Wiley & Sons

Aruoma, O. I., Murcia, A., Butler, J., & Halliwell, B. (1993). Evaluation of the antioxidant and prooxidant actions of gallic acid and its derivatives. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41(11), 1880-1885.

Asadi-Samani, M., Bahmani, M., & Rafieian-Kopaei, M. (2014). The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of Borago officinalis: a review. Asian Pacific journal of tropical medicine, 7, S22-S28.

Babich, H. J. E. R. (1982). Butylated hydroxytoluene (BHT): a review. Environmental Research, 29(1), 1-29.

Baek, N. (2012). Effects of natural antioxidants on lipid oxidation of menhaden oil (Doctoral dissertation, Virginia Tech).

Bandonienė, D., Venskutonis, P. R., Gruzdienė, D., & Murkovic, M. (2002). Antioxidative activity of sage (Salvia officinalis L.), savory (Satureja hortensis L.) and borage (Borago officinalis L.) extracts in rapeseed oil. European Journal of lipid science and technology, 104(5), 286-292.

Basar, S. N., Rani, S., Farah, S. A., & Zaman, R. (2013). Review on Borage officinalis: a wonder herb. Int J Biol Pharm Res, 4, 582-587.

Baydar, N. G., Özkan, G., & Yaşar, S. (2007). Evaluation of the antiradical and antioxidant potential of grape extracts. Food control, 18(9), 1131-1136.

Bernstein, M. (2002). 10 tips on writing the living Web. A list apart: For people who make websites, *149*. Retrieved May 2, 2006

Bohne, V. J. B., Lundebye, A. K., & Hamre, K. (2008). Accumulation and depuration of the synthetic antioxidant ethoxyquin in the muscle of Atlantic salmon (Salmo salar L.). Food and Chemical Toxicology, 46(5), 1834-1843.

Borowy, A., Chwil, M., & Kapłan, M. (2017). Biologically active compounds and antioxidant activity of borage (Borago officinalis L.) flowers and leaves. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 16(5), 169-180.

Botterweck, A. A., Verhagen, H., Goldbohm, R. A., Kleinjans, J., & Van den Brandt, P. A. (2000). Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study. Food and Chemical Toxicology, 38(7), 599-605.

Boyd, L. C., Green, D. P., Giesbrecht, F. B., & King, M. F. (1993). Inhibition of oxidative rancidity in frozen cooked fish flakes by tert-butylhydroquinone and rosemary extract. Journal of the Science of Food and Agriculture, 61(1), 87-93.

Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., & Anackov, G. (2006). Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. Journal of agricultural and food chemistry, 54(5), 1822-1828.

Branen, A. L. (1975). Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. Journal of the American Oil Chemists' Society, 52(2), 59-63.

Brewer, M. S. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. Comprehensive reviews in food science and food safety, 10(4), 221-247.

Briskin, D. P. (2000). Medicinal plants and phytomedicines. Linking plant biochemistry and physiology to human health. Plant physiology, 124(2), 507-514.

Brown, D. (2001). The Herb Society of America New Encyclopedia of herbs and their uses. DK Pub..

Cappelli P, Vannucchi V, 2009. Chimica deglialimenti. 3rd. ed. Zanichelli, Bologna, Italy.

Carvajal, A. K., Mozuraityte, R., Standal, I. B., Storrø, I., & Aursand, M. (2014). Antioxidants in fish oil production for improved quality. Journal of the American Oil Chemists' Society, 91(9), 1611-1621.

Christie, W. W. (2011a). Tocopherols and tocotrienols: Structure, composition, biology and analysis. The Lipid Library. Dundee, Scotland: The American Oil Chemists' Society Lipid Library. Available at: http://lipidlibrary.aocs.org/lipids/tocol/file.pdf (accessed: 01.11.11).

Codex (2017), Standard for fish oils codex stan 329-2017, Codex Alimentarius Commission,Rome-İtaly,2017,6s.

Colombo, M. L., Assisi, F., Della Puppa, T., Moro, P., Sesana, F. M., Bissoli, M., ... & Davanzo, F. (2010). Most commonly plant exposures and intoxications from outdoor toxic plants. Journal of pharmaceutical sciences and research, 2(7), 417.

Conacher, H. B. S., Iverson, F., Lau, P. Y., & Page, B. D. (1986). Levels of BHA and BHT in human and animal adipose tissue: interspecies extrapolation. Food and Chemical Toxicology, 24(10-11), 1159-1162.

Çalık, H. (2017). Balık yağı oksidasyonunda antioksidan etkili fungus ekstraktının kullanımı (Master's thesis).

Çelik, S., & Ozkaya, A. (2002). Effects of intraperitoneally administered lipoic acid, vitamin E, and linalool on the level of total lipid and fatty acids in guinea pig brain with oxidative stress induced by H 2 O 2. BMB Reports, 35(6), 547-552.

Dacre, J. C. (1961). The metabolism of 3: 5-di-tert.-butyl-4-hydroxytoluene and 3: 5-di-tert.-butyl-4-hydroxybenzoic acid in the rabbit. Biochemical Journal, 78(4), 758-766.

Dawidowicz, A. L., & Olszowy, M. (2014). Does antioxidant properties of the main component of essential oil reflect its antioxidant properties? The comparison of antioxidant properties of essential oils and their main components. Natural product research, 28(22), 1952-1963.

Duan, X., Jiang, Y., Su, X., Zhang, Z., & Shi, J. (2007). Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (Litchi chinenesis Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. Food Chemistry, 101(4), 1365-1371.

Duarte, A., Luís, Â., Oleastro, M., & Domingues, F. C. (2016). Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential to control Campylobacter spp. Food Control, 61, 115-122.

Emir, M., Ege, F., & Ceyhan, V. Türkiye'de Balık Unu ve Yağı Üretimi ve Ticareti: Mevcut Durum, Sorunlar ve Çözüm Önerileri.

Eritsland, J. (2000). Safety considerations of polyunsaturated fatty acids. The American journal of clinical nutrition, 71(1), 197S-201S.

Fakir, A. D., & Waghmare, J. S. (2015). Effect of various antioxidants on solvent extracted Indian Mackerel (Rastrelliger kanagurta) fish oil. Advances in Applied Science Research, 6(5), 37-42.

Fang, X., & Wada, S. (1993). Enhancing the antioxidant effect of α-tocopherol with rosemary in inhibiting catalyzed oxidation caused by Fe2+ and hemoprotein. Food Research International, 26(6), 405-411.

Farhadi, R., Balashahri, M. S., Tilebeni, H. G., & Sadeghi, M. (2012). Pharmacology of Borage (Borago officinalis L.) medicinal plant. International journal of Agronomy and Plant Production, 3(2), 73-77.

Fennema, O. R. (2008). Fennema's food chemistry. CRC press.

Ferro-Luzzi, A., Cialfa, E., Leclercq, C., & Toti, E. (1994). The Mediterranean diet revisited. Focus on fruit and vegetables. International journal of food sciences and nutrition, 45(4), 291-300.

FAO (2020), Food and Agriculture Organization of the UN. The State of World Fisheries and Aquaculturel.

FDA (1977), Food and Drug Administration. Butylated hydroxytoluene. Use restrictions. Fed. Reg. 42, 27603-27609.

Frankel, E. N. (1998). Lipid Oxidation. Dundee. Scotland: The Oily Press LTD.

Garcia-Iñiguez-de-Ciriano, M., Garcia-Herreros, C., Larequi-García, E., Valencia, I., Ansorena-Artieda, D., & Astiasarán, I. (2009). Use of natural antioxidants from lyophilized water extracts of Borago officinalis in dry fermented sausages enriched in ω-3 PUFA.

Ghassemi-Golezani, K., Dastborhan, S., & Zehtab-Salmasi, S. (2013). Seed priming and field performance of borage (Borago officinalis L.) under different irrigation treatments. Int J Agron Plant Prod, 4, 82-87.

GOED, (2019). GOED voluntary monograph (v. 7): Global Organisation for EPA and DHA omega-3s. Retrieved from https://goedomega3.com/storage/app/ media /Governance%20docs/goed-monograph-2019- 03-01-r.pdf, 06 April 2019.

Griffiths, G., Brechany, E. Y., Jackson, F. M., Christie, W. W., Stymne, S., & Stobart, A. K. (1996). Distribution and biosynthesis of stearidonic acid in leaves of Borago officinalis. Phytochemistry, 43(2), 381-386.

Gülçin, İ., Şat, İ. G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2004). Comparison of antioxidant activity of clove (Eugenia caryophylata Thunb) buds and lavender (Lavandula stoechas L.). Food chemistry, 87(3), 393-400.

Gümüşatam, G. (2015). Medicinal Plant Names in 16th Century Turkish According to Rısala-ı Mu'âlece. The Journal of Academic Social Science Studie, 39, 23-40.

Hamadou, A. H., Xia, W., Xu, Y., & Jiang, Q. (2013). Oxidative stability of silver carp oil supplemented with potato peels extract compared to synthetic antioxydants during long term storage. Annals Food Science and Technology, 14(2), 183-192.

Hendawy, S. F., & El-Gengaihi, S. (2010). Comparative responses of Borago officinalis and Echium vulgare to different nitrogen and phosphorus sources. Journal of herbs, spices & medicinal plants, 16(1), 12-23.

Herrmann, M., Joppe, H., & Schmaus, G. (2002). Thesinine-4′-O-β-d-glucoside the first glycosylated plant pyrrolizidine alkaloid from Borago officinalis. Phytochemistry, 60(4), 399-402.

Hobson-Frohock, A. (1982). Residues of ethoxyquin in poultry tissues and eggs. Journal of the Science of Food and Agriculture, 33(12), 1269-1274.

Hsieh, R. J., & Kinsella, J. E. (1989). Oxidation of polyunsaturated fatty acids: mechanisms, products, and inhibition with emphasis on fish. Advances in food and nutrition research, 33, 233-341.

https://kms.kaysis.gov.tr/(X(1)S(14uoum0rtwaurtcljxu3grgu))/Home/Goster/42410

Hu, J., Liu, S., & Deng, W. (2020). Dual responsive linalool capsules with high loading ratio for excellent antioxidant and antibacterial efficiency. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 190, 110978.

Huang, J., & Sathivel, S. (2008). Thermal and rheological properties and the effects of temperature on the viscosity and oxidation rate of unpurified salmon oil. Journal of Food Engineering, 89(2), 105-111.

Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., & Przybylski, R. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (Ocimum basilicum) essential oils depends on seasonal variations. Food chemistry, 108(3), 986-995.

Indrasena, W. M., & Barrow, C. J. (2010). Oxidation and stability of food-grade fish oil: role of antioxidants. Handbook of seafood quality, safety and health applications, 317-334.

Jabir, M. S., Taha, A. A., & Sahib, U. I. (2018). Antioxidant activity of Linalool. Engineering and Technology Journal, 36(1 Part B).

Jaffel-Hamza, K., Sai-Kachout, S., Harrathi, J., Lachaâl, M., & Marzouk, B. (2013). Growth and fatty acid composition of borage (Borago officinalis L.) leaves and seeds cultivated in saline medium. Journal of plant growth regulation, 32(1), 200-207.

Kamatou, G. P., & Viljoen, A. M. (2008). Linalool–A review of a biologically active compound of commercial importance. Natural Product Communications, 3(7), 1934578X0800300727.

Karami, H., Rasekh, M., & Mirzaee–Ghaleh, E. (2020). Comparison of chemometrics and AOCS official methods for predicting the shelf life of edible oil. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 206, 104165.

Kasbo, M. K. (2012). Antioxidants stabilizing fish oils: effect of antioxidant, storage temperature and type of fish oil (Master's thesis).

Kaysis, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, https://kms.kaysis.gov.tr/(X(1)S(14uoum0rtwaurtcljxu3grgu))/Home/Goster/42410

Kesbiç, O. S., Parrino, V., Acar, Ü., Yilmaz, S., Paro, G. L., & Fazio, F. (2020). Effects of Monterey cypress (Cupressus macrocarpa Hartw) leaf essential oil as a dietary supplement on growth performance and haematological and biochemical parameters of common carp (Cyprinus carpio L.). Annals of Animal Science, 20(4), 1411-1426.

Kocatepe, D., & Turan, H. (2018). Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Kullanımı Yasal Olan Gıda Katkı Maddelerinin Değerlendirilmesi. International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research, 1(1), 78-95.

Kołodziej, B. (2010). Poradnik dla plantatorów. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.

Korkut, A. Y., Kop, A., & Demir, P. (2007). Balık Yemlerinde Kullanılan Balık Yağı ve Özellikleri. Su Ürünleri Dergisi, 24(1), 195-199.

Koutsoudaki, C., Krsek, M., & Rodger, A. (2005). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil and the gum of Pistacia lentiscus Var. chia. Journal of agricultural and food chemistry, 53(20), 7681-7685.

Lambert, C. R., Black, H. S., & Truscott, T. G. (1996). Reactivity of butylated hydroxytoluene. Free Radical Biology and Medicine, 21(3), 395-400.

Lanigan, R. S., & Yamarik, T. A. (2002). Final report on the safety assessment of BHT (1). International journal of toxicology, 21, 19-94.

Laurence, R. (2004). Borage production for oil and gamma-linolenic acid. Rural Industries Development Corporation, Australian Government. RIRDC Nº 04/040.

Lee, Y. L., Yen, M. T., & Mau, J. L. (2007). Antioxidant properties of various extracts from Hypsizigus marmoreus. *Food chemistry*, 104(1), 1-9.

Lewis, R. J., Sr., ed. 1993. Hawley's condensed chemical dictionary, 12th ed.,372. New York: Van Nostrand Reinhold.

Li, Y., Wang, C., Tao, Z., Zhao, Z., You, L., Zheng, R., ... & Zhang, Z. (2019). Enhanced antioxidant and antiproliferative activities of Cymbopogon citratus (DC.) Stapf essential oils in microemulsion. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 7(18), 15173-15181.

Liao, M. L., & Seib, P. A. (1988). Chemistry of L-ascorbic acid related to foods. Food Chemistry, 30(4), 289-312.

Lin, K. H., Yeh, S. Y., Lin, M. Y., Shih, M. C., & Hwang, S. Y. (2007). Major chemotypes and antioxidative activity of the leaf essential oils of Cinnamomum osmophloeum Kaneh. from a clonal orchard. Food Chemistry, 105(1), 133-139.

Lo, A. H., Liang, Y. C., Lin-Shiau, S. Y., Ho, C. T., & Lin, J. K. (2002). Carnosol, an antioxidant in rosemary, suppresses inducible nitric oxide synthase through down-regulating nuclear factor-κB in mouse macrophages. Carcinogenesis, 23(6), 983-991.

Lovdata. (2011). Forskrift om tilsetningsstoffer til næringsmidler. Lovdata; FOR 2011-06-06 nr 668.

Lundebye, A. K., Hove, H., Måge, A., Bohne, V. J. B., & Hamre, K. (2010). Levels of synthetic antioxidants (ethoxyquin, butylated hydroxytoluene and butylated hydroxyanisole) in fish feed and commercially farmed fish. Food Additives & Contaminants: Part A, 27(12), 1652-1657.

Mangeon, C., Thevenieau, F., Renard, E., & Langlois, V. (2017). Straightforward route to design biorenewable networks based on terpenes and sunflower oil. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 5(8), 6707-6715.

Maqsood, S., Benjakul, S., & Shahidi, F. (2013). Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products. Critical reviews in food science and nutrition, 53(2), 162-179.

Maqsood, S., Benjakul, S., Abushelaibi, A., & Alam, A. (2014). Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: A detailed review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(6), 1125-1140.

Marcuse, R. (1961). Zur Wirkung von Aminosäuren bei der Fett-Oxydation I. Untersuchungen mit Heringsöl. Fette, Seifen, Anstrichmittel, 63(6), 547-549.

Matsui, K. (2006). Green leaf volatiles: hydroperoxide lyase pathway of oxylipin metabolism. Current opinion in plant biology, 9(3), 274-280.

May, B. H., Zhang, A. L., Zhou, W., Lu, C. J., Deng, S., & Xue, C. C. (2012). Oral herbal medicines for psoriasis: a review of clinical studies. Chinese Journal of Integrative Medicine, 18(3), 172-178.

Medrano, A., Masoud, T. A., & Martinez, M. C. (1992). Mineral and proximate composition of borage. Journal of Food Composition and Analysis, 5(4), 313-318.

Meletis CD, Wagner E. Natural remedies for promoting skin health. Alt Complement Ther 2002; 8: 186-190

Meyer, O., & Hansen, E. (1980). Behavioural and developmental effects of butylated hydroxytoluene dosed to rats in utero and in the lactation period. Toxicology, 16(3), 247-258.

Mhamdi, B., Wannes, W. A., Bourgou, S., & Marzouk, B. (2009). Biochemical characterization of borage (Borago officinalis L.) seeds. Journal of food biochemistry, 33(3), 331-341.

Mhamdi, B., Wannes, W. A., Sriti, J., Jellali, I., Ksouri, R., & Marzouk, B. (2010). Effect of harvesting time on phenolic compounds and antiradical scavenging activity of Borago officinalis seed extracts. Industrial Crops and Products, 31(1), e1-e4.

Miceli, A., Francesca, N., Moschetti, G., & Settanni, L. (2015). The influence of addition of Borago officinalis with antibacterial activity on the sensory quality of fresh pasta. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2(2), 93-97.

Miguel, M. G. (2010). Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. Flavour and Fragrance Journal, 25(5), 291-312.

Misharina, T. A., & Samusenko, A. L. (2008). Antioxidant properties of essential oils from lemon, grapefruit, coriander, clove, and their mixtures. Applied Biochemistry and Microbiology, 44(4), 438-442.

Mohajer, S., Taha, R. M., Ramli, R. B., & Mohajer, M. (2016). Phytochemical constituents and radical scavenging properties of Borago officinalis and Malva sylvestris. Industrial Crops and Products, 94, 673-681.

Molaee, M., Sahari, M. A., Kenari, R. E., Amirkaveei, S., & Arbidar, E. (2020). Antioxidant properties of Avicennia marina leaf extract in soybean oil system. Current Nutrition & Food Science, 16(8), 1245-1251.

Monfort, L. E. F., Bertolucci, S. K. V., Lima, A. F., de Carvalho, A. A., Mohammed, A., Blank, A. F., & Pinto, J. E. B. P. (2018). Effects of plant growth regulators, different culture media and strength MS on production of volatile fraction composition in shoot cultures of Ocimum basilicum. Industrial Crops and Products, 116, 231-239.

Morales-Medina, R., García-Moreno, P. J., Muñío, M. M., Guadix, A., & Guadix, E. M. (2015). Optimization of α-tocopherol and ascorbyl palmitate addition for the stabilization of sardine oil. Grasas y Aceites, 66(2), 069.

Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, J. M., Sineiro, J., Domínguez, H., ... & Parajó, J. C. (2001). Natural antioxidants from residual sources. Food chemistry, 72(2), 145-171.

National Research Council,(NRC), 1993. Nutritient Requirements of Fish Commitee on Animal Nutrition Board on Agriculture ,National Reasearch Council, National Academy Pres,P:75-76,Washington.

Newman SE, O'Connor AS. Edible flowers. Colorado: Colorado State University Extension; 2009. [Online] Available from: http://www.ext.colostate.edu/pubs/garden/07237.html [Accessed on 23rd April, 2014]

Nieto, S., Garrido, A., Sanhueza, J., Loyola, L. A., Morales, G., Leighton, F., & Valenzuela, A. (1993). Flavonoids as stabilizers of fish oil: an alternative to synthetic antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society, 70(8), 773-778.

Olsen, E., Vogt, G., Saarem, K., Greibrokk, T., & Nilsson, A. (2005). Autoxidation of cod liver oil with tocopherol and ascorbyl palmitate. Journal of the American Oil Chemists' Society, 82(2), 97-103.

Pak, C. S. (2005). Stability and quality of fish oil during typical domestic application. Fisheries Training Progamme, The United Nations University, Iceland.

Palupi, N. W., Maryanto, M., & Purwowibowo, E. (2016). Relationship antioxidant concentration and volume headspace on the rancidity of fish oil during storage. Jurnal Teknologi, 78(4-2).

Papas, A. M. 1993. Oil-soluble antioxidantsin foods. Toxicol.Ind. Health 9:123– 149

Peana, A. T., Moretti, M. D., Watson, R., & Preedy, V. (2008). Linalool in essential plant oils: pharmacological effects. Botanical medicine in clinical practice, 10(55), 716-24.

Peana, A. T., Rubattu, P., Piga, G. G., Fumagalli, S., Boatto, G., Pippia, P., & De Montis, M. G. (2006). Involvement of adenosine A1 and A2A receptors in (−)-linalool-induced antinociception. Life sciences, 78(21), 2471-2474.

Pizzocaro, F., Gasparoli, A., Fedeli, E., & Caffa, F. (1985). Antioxidative properties of some aromatic herbs on sardine muscle and oil. Atti dell'Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli, Milano (Italy).

Revankar, G. D. (1974). Proline as an antioxidant in fish oil.

Río-Celestino, M. D., Font, R., & de Haro-Bailón, A. (2008). Distribution of fatty acids in edible organs and seed fractions of borage (Borago officinalis L.).

Rodenak-Kladniew, B., Islan, G. A., de Bravo, M. G., Durán, N., & Castro, G. R. (2017). Design, characterization and in vitro evaluation of linalool-loaded solid lipid nanoparticles as potent tool in cancer therapy. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 154, 123-132.Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(2), 248-255.

Rossell, J. B. (2009). Fish oils Oils and Fats Handbook 4 (pp.185-221). Oxford: Wiley-Blackwell.

Sajirani, E. B., Shakouri, M. J., & Mafakheri, S. (2011). Borage (Borago officinalis L.) germination under saline condition. Ann Biol Res, 2, 414-416.

Salami, S. A., Guinguina, A., Agboola, J. O., Omede, A. A., Agbonlahor, E. M., & Tayyab, U. (2016). In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: a review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. *Animal*, 10(8), 1375-1390.

Salem, N., Msaada, K., Hammami, M., Limam, F., Vasapollo, G., & Marzouk, B. (2014). Variation in anthocyanin and essential oil composition and their antioxidant potentialities during flower development of Borage (Borago officinalis L.). Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 148(3), 444-459.

Samojlik, I., Lakic, N., Mimica-Dukic, N., Đaković-Švajcer, K., & Bozin, B. (2010). Antioxidant and hepatoprotective potential of essential oils of coriander (Coriandrum sativum L.) and caraway (Carum carvi L.)(Apiaceae). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(15), 8848-8853.

Sánchez-Alonso, I., & Borderías, A. J. (2008). Technological effect of red grape antioxidant dietary fibre added to minced fish muscle. International journal of food science & technology, 43(6), 1009-1018.

Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2001). The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. Meat Science, 58(4), 421-429.

Santoso, J., Yoshie-Stark, Y., & Suzuki, T. (2004). Anti-oxidant activity of methanol extracts from Indonesian seaweeds in an oil emulsion model. Fisheries science, 70(1), 183-188.

Sathivel, S., Huang, J., & Prinyawiwatkul, W. (2008). Thermal properties and applications of the Arrhenius equation for evaluating viscosity and oxidation rates of unrefined pollock oil. Journal of Food Engineering, 84(2), 187-193.

Sherwin, E. R. (1978). Oxidation and antioxidants in fat and oil processing. Journal of the American Oil Chemists' Society, 55(11), 809-814.

Singh, H., Du, J., & Yi, T. H. (2017). Green and rapid synthesis of silver nanoparticles using Borago officinalis leaf extract: anticancer and antibacterial activities. Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology, 45(7), 1310-1316.

Soković, M., & Van Griensven, L. J. (2006). Antimicrobial activity of essential oils and their components against the three major pathogens of the cultivated button mushroom, Agaricus bisporus. European Journal of plant pathology, 116(3), 211-224.

Stecher, P. G. (1968). The Merck Index 8th edition, Merck and Co. Inc., Rahway, New Jersey, 848-849.

Streeter, D. (2011). Guide Delachaux des fleurs de France et d'Europe. Delachaux et Niestlé.

Suchorska K, Osinska E. Some aspects of borage Borago officinalis L. cultivation Part I. influence of temperature, age of seeds and type of bed on germination and growth of seedlings. Ann Warsaw Agric Univ 1997; 18: 75-80.

Tepe, B., Daferera, D., Tepe, A. S., Polissiou, M., & Sokmen, A. (2007). Antioxidant activity of the essential oil and various extracts of Nepeta flavida Hub.-Mor. from Turkey. Food chemistry, 103(4), 1358-1364.

Tewari, D., Bawari, S., Patni, P., & Sah, A. N. (2019). Borage (Borago officinalis L.). In Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements (pp. 165-170). Academic Press.

Tsimidou, M., Papavergou, E., & Boskou, D. (1995). Evaluation of oregano antioxidant activity in mackerel oil. Food Research International, 28(4), 431-433.

Ugulu, I., Baslar, S., Yorek, N., & Dogan, Y. (2009). The investigation and quantitative ethnobotanical evaluation of medicinal plants used around Izmir province, Turkey. Journal of Medicinal plants research, 3(5), 345-367.

Van Zyl, R. L., Seatlholo, S. T., Van Vuuren, S. F., & Viljoen, A. M. (2006). The biological activities of 20 nature identical essential oil constituents. Journal of Essential Oil Research, 18(sup1), 129-133.

Vardar-Ünlü, G., Candan, F., Sökmen, A., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, M., ... & Tepe, B. (2003). Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extracts of Thymus pectinatus Fisch. et Mey. Var. pectinatus (Lamiaceae). Journal of Agricultural and food chemistry, 51(1), 63-67.

Varnam, A., Sutherland, J. M., & Sutherland, J. P. (1995). Meat and meat products: technology, chemistry and microbiology (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

Varvara, M., Bozzo, G., Celano, G., Disanto, C., Pagliarone, C. N., & Celano, G. V. (2016). The use of ascorbic acid as a food additive: technical-legal issues. Italian journal of food safety, 5(1).

Wada, S., & Fang, X. (1992). The synergistic antioxidant effect of rosemary extract and α-tocopherol in sardine oil model system and frozen-crushed fish meat. Journal of Food Processing and Preservation, 16(4), 263-274.

Waissbluth, M. D., Guzman, L., & Plachco, F. P. (1971). Oxidation of lipids in fish

Wang, B., Ge, L., Mo, J., Su, L., Li, Y., & Yang, K. (2018). Essential oils and ethanol extract from Camellia nitidissima and evaluation of their biological activity. Journal of food science and technology, 55(12), 5075-5081.

Wang, Y., Zu, Y., Long, J., Fu, Y., Li, S., Zhang, D., ... & Efferth, T. (2011). Enzymatic water extraction of taxifolin from wood sawdust of Larix gmelini (Rupr.) Rupr. and evaluation of its antioxidant activity. Food chemistry, 126(3), 1178-1185.

Wangensteen, H., Samuelsen, A. B., & Malterud, K. E. (2004). Antioxidant activity in extracts from coriander. Food chemistry, 88(2), 293-297.

Wannes, W. A., Mhamdi, B., Saidani Tounsi, M., & Marzouk, B. (2017). Lipid and volatile composition of borage (Borago officinalis L.) leaf. Trends in Phytochemical Research, 1(3), 143-148.

Xiaojun, Y., Xiancui, L., Chengxu, Z., & Xiao, F. (1996). Prevention of fish oil rancidity by phlorotannins from Sargassum kjellmanianum. Journal of Applied Phycology, 8(3), 201-203.

Xu, X. Q., Cheng, G., Duan, L. L., Jiang, R., Pan, Q. H., Duan, C. Q., & Wang, J. (2015). Effect of training systems on fatty acids and their derived volatiles in Cabernet Sauvignon grapes and wines of the north foot of Mt. Tianshan. Food chemistry, 181, 198-206.

Yang, J., Guo, J., & Yuan, J. (2008). In vitro antioxidant properties of rutin. LWT-Food Science and Technology, 41(6), 1060-1066.

Yanishlieva, N. V., & Marinova, E. M. (2001). Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. European journal of lipid science and technology, 103(11), 752-767.

Yassa, N., Masoomi, F., Rankouhi, S. E. R., Hadjiakhoondi, A. 2009. Chemical composition and antioxidant activity of the extract and essential oil of Rosa damascena from Iran, population of Guilan‖, DARU Journal of Pharmaceutical Sciences 2009. 17(3):175-180.

Yavaşer, R. (2011). Doğal ve sentetik antioksidan bileşiklerin antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Yen, G. C., & Lee, C. A. (1996). Antioxidant activity of extracts from molds. Journal of food protection, 59(12), 1327-1330.

Zadernowski, R., Naczk, M., & Nowak-Polakowska, H. (2002). Phenolic acids of borage (Borago officinalis L.) and evening primrose (Oenothera biennis L.). Journal of the American Oil Chemists' Society, 79(4), 335-338.

Zargari, A. (1997). Medicinal plants, part B.

Zemmouri, H., Ammar, S., Boumendjel, A., Messarah, M., El Feki, A., & Bouaziz, M. (2019). Chemical composition and antioxidant activity of Borago officinalis L. leaf extract growing in Algeria. Arabian Journal of Chemistry, 12(8), 1954-1963.

Zribi, I., Bleton, J., Moussa, F., & Abderrabba, M. (2019). GC-MS analysis of the volatile profile and the essential oil compositions of Tunisian Borago Officinalis L.: Regional locality and organ dependency. Industrial Crops and Products, 129, 290-298.

Zuta, P. C., Simpson, B. K., Zhao, X., & Leclerc, L. (2007). The effect of α-tocopherol on the oxidation of mackerel oil. Food Chemistry, 100(2), 800-807.