

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA BİLİMLERİ BİLİM DALI**

**YAPAY VE DOĞAL ANTIOKSİDAN KULLANIMININ PALM OLEİN
YAĞININ KIZARTMALIK PERFORMANSI, 3-MCPD/GE DEĞİŞİMİ
ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Elif İYİLİKEDEN

Prof. Dr. Pelin GÜNÇ ERGÖNÜL



MANİSA-2023

**EHF
YILIKEDEN**

**YAPAY VE DOĞAL ANTIOKSIDAN KULLANIMININ PALM OLEİN YAĞININ
KIZARTMALIK PERFORMANSI, 3-MCPD/GE DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

2023

TEZ ONAYI

Elif İYİLİKEDEN tarafından hazırlanan " YAPAY VE DOĞAL ANTIOKSİDAN KULLANIMININ PALM OLEİN YAĞININ KIZARTMALIK PERFORMANSI, 3-MCPD/GE DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ " adlı tez çalışması 24/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak savunulmuş ve oybirliği ile başarılı olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Pelin GÜNÇ ERGÖNÜL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi Doç. Dr. Onur ÖZDİKİCİERLER
Ege Üniversitesi

Jüri Üyesi Doç. Dr. Alev Yüksel AYDAR
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Gıda Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Elif İYİLİKEDEN



İÇİNDEKİLER

TAAHHÜTNAME	iii
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
TEŞEKKÜR	VIII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Derin Yağda Kızartma.....	5
2.1.1. Kızartma Sırasında Yağda Meydana Gelen Kimyasal Reaksiyonlar..	6
2.1.2. Yağın Hidrolizi.....	7
2.1.3. Yağın Oksidasyonu	7
2.1.4. Yağların polimerizasyonu	8
2.1.5. Kızartma Yağları	9
2.2. Palm Yağının Genel Özellikleri.....	10
2.2.1. Palm Yağının Yapısı ve Özellikleri	12
2.2.2. Palm Olein	13
2.3. 3-MCPD ve GE Genel Tanımı.....	14
2.3.1. Oluşum Mekanizması ve Kimyasal Yapısı	14
2.3.2. 3-MCPD ve GE ile İlgili Toksikolojik Çalışmalar	17
2.3.3. 3-MCPD ve GE ile İlgili Yasal Düzenlemeler	17
2.3.4. Derin Yağda Kızartma İşleminde 3-MCPD ve Glisidol Esterleri Oluşumu.....	19
2.4. Antioksidanlar	20
2.4.1. Doğal Antioksidanlar.....	21
2.4.1.1. Polifenolik Bileşikler	21
2.4.1.2. Vitamin C (Askorbik Asit)	22
2.4.1.3. Vitamin E (Tokoferol)	22
2.4.1.4. Karotenoidler	23
2.4.2. Sentetik Antioksidanlar.....	24
2.4.2.1. Bütillenmiş hidroksitoluen (BHT).....	24

2.4.2.2. Bütillenmiş hidroksianisol (BHA)	25
2.4.2.3. BHA ve BHT ‘nin Sinerjik Kullanımı.....	26
2.4.3. Çalışmada Antioksidan Amaçlı Kullanılan Doğal Ekstraktlar	26
2.4.3.1. Zeytin Yaprağı Ekstraktı	26
2.4.3.2. Isırgan Otu Ekstraktı	26
2.5. Literatür Özeti	27
2.6. Tezin Amacı	33
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	34
3.1. Materyal	34
3.2. Yöntem	34
3.2.1. Zeytin Yaprağı ve Isırgan Otu Ekstraktlarının Elde Edilmesi	34
3.2.2. Kızartma İşlemi.....	36
3.2.3. Yapılan Analizler	37
3.2.3.1. Renk Değeri Tayini.....	37
3.2.3.2. Serbest Yağ Asitliği.....	37
3.2.3.3. Peroksit Sayısı	38
3.2.3.4. Konjuge Dien Değeri	38
3.2.3.5. P-Anisidin Değeri.....	39
3.2.3.6. Totox (Toplam oksidasyon) Değeri	39
3.2.3.7. Toplam Polar Madde Miktarının Belirlenmesi	40
3.2.3.8. Yağ Asidi Kompozisyonun Belirlenmesi	40
3.2.3.9. DPPH Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini	40
3.2.3.10. Ransimat Analizi.....	42
3.2.3.11. 3-MCPD ve GE Analizi	42
3.2.4. İstatistiksel Değerlendirme	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	45
4.1. Kızartma Yağlarının Renk Değerleri	45
4.2. Kızartma Yağlarının Serbest Yağ Asitliği Miktarları	50
4.3. Kızartma Yağlarının Peroksit Değerleri.....	53
4.4. Kızartma Yağlarının Konjuge Dien Değerleri	56
4.5. Kızartma Yağlarının P-anisidin Değerleri.....	60
4.6. Kızartma Yağlarının Totoks (Toplam oksidasyon) Değeri	64
4.7. Kızartma Yağlarının Toplam Polar Madde (TPM) Miktarları.....	68

4.8. Kızartma Yağlarının Yağ Asidi Kompozisyonu.....	72
4.9. Kızartma Yağlarının DPPH Metodu ile Antioksidan Aktivite Miktarları	80
4.10. Kızartma Yağlarının Ransimat Değerleri.....	84
4.11. Kızartma Yağlarının 3-MCPD ve GE Değerleri	89
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKÇA	96
EKLER.....	117
EK A. Korelasyon Tabloları	117
EK B. Hata Çubukları.....	117
EK C. İstatistiksel Analiz Veriler	118
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

2-MCPD	2-Monokloropropan- 1,2-diol
3-MCPD	3-Monokloropropan-1,2-diol
AOCS	American Oil Chemists Society (Amerikan Yağ Kimyagerler Derneği)
B	Mavilik
BfR	Federal Risk Değerlendirme Enstitüsü
BHT	Bütillenmiş Hidroksitoluen
BHA	Bütillenmiş Hidroksianisol
CAC	Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu
Cl	Klor
cP	Viskozite
DAG	Diaçilgliserol
DGF	Alman Yağ Bilimcileri Topluluğu
DHAA	Dehidroaskorbik asit
DNA	Deoksiribo nükleik asit
EFSA	Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi
FAO/WHO	Uluslararası Codex Alimentarius Komisyonu
GC	Gas Chromatography (Gaz Kromatografisi)
GE	Glisidil Ester
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
KOH	Potasyum Hidroksit
NaCl	Sodyum Klorür
MAG	Monoaçilgliserol
PO	Palm Olein
PV değeri	Peroksit değeri
p-AV değeri	P-anisidin değeri
ppm	Milyonda Bir
R	Kırmızılık
RBD	Rafine, Ağartılmış ve Kokusu Giderilmiş
ROO-	Peroksi Radikalleri
Rpm	Dakikadaki Devir Sayısı

TAG	Triaçilgliseroller
TBHQ	Bütillenmiş Hidrokinon
TH-	Tokoferol Radikali
TH2	Tokoferoller
Y	Sarılık

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
Dk	Dakika
mL	Mililitre
g	Gram
mg	Miligram
N	Normalite
nm	Nanometre
L	Litre
µmol	Mikromol
cm	Santimetre
µL	Mikrolitre
Kg	Kilogram
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
meq	Miliekivalen oksijen
w/v	Kütle /hacim
Σ	Toplam

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Kızartma süresince meydana gelen reaksiyonlar ve oluşan bileşenler	6
Şekil 2.2. Yağlarda meydana gelen hidrolitik reaksiyon.	7
Şekil 2.3. Lipid oksidasyonunun zincir reaksiyonu. RH: lipit molekülü, R [·] : lipit alkil radikali, ROO [·] : lipit peroksil radikali, ROOH: lipit peroksit	8
Şekil 2.4. Palmiye ağacı ve meyvesi.....	11
Şekil 2.5. 3-MCPD oluşum mekanizması a) MAG'lerden açiloksonyum iyonları oluşumu b)TAG, DAG ve MAG yoluyla 3-MCPD oluşumu.....	15-16
Şekil 2.6. 3-MCPD ve glisidil esterlerinin kimyasal yapıları	16
Şekil 2.7. C Vitamininin biyokimyasal gösterimi	22
Şekil 2.8. E vitamininin kimyasal yapısı.....	23
Şekil 2.9. BHT kimyasal yapısı	24
Şekil 2.10. BHA'nın kimyasal yapısı	25
Şekil 3.1. Kurutulmuş zeytin yaprağı ve ısırgan otu	34
Şekil 3.2. a) Süzülen zeytin yaprağı ve b) ısırgan otu ekstraktları	35
Şekil 3.3. Petri kaplarına aktarılan zeytin yaprağı ve ısırgan otu ekstraktlar	35
Şekil 3.4. a)Liyofilizasyona konulan ekstraktlar ve b)Elde edilen ekstraktlar	36
Şekil 3.5. Kızartma işleminin yapıldığı fritöz (Işıkgaz Silver, 4L) ve kızartılan patates numuneleri	37
Şekil 3.6. Yağ numuneleri için Troloks standardı kalibrasyon grafiği	41
Şekil 3.7. Yapay ve Doğal antioksidanlar için Troloks standardı kalibrasyon grafiği	42
Şekil 4.1. Kızartılan yağ numunelerinin renk değerleri a) Kırmızı renk değerleri b) Sarı renk değerleri c) Mavi renk değerleri	46-47
Şekil 4.2. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların serbest yağ asitliğinin antioksidan çesidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi	50
Şekil 4.3. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların peroksit sayılarının antioksidan çesidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi	53
Şekil 4.4. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların konjuge dien miktarlarının antioksidan çesidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi.....	57
Şekil 4.5. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların <i>p</i> -anisidin değerlerinin antioksidan çesidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi	61
Şekil 4.6. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların Totoks değerlerinin antioksidan çesidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi	65
Şekil 4.7. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların toplam polar madde miktarlarının antioksidan çesidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi.....	69
Şekil 4.8. Kızartma süresi boyunca a)∑ Doymuş yağ asidi değişimi b) boyunca ∑ Tekli doymamış yağ asidi değişimi c) ∑ Tekli doymamış yağ asidi değişimi	73
Şekil 4.9. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların DPPH miktarlarının antioksidan çesidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi	81
Şekil 4.10. Kızartma yağlarının ransimat değerleri	85
Şekil 4.11. Kızartma yağlarındaki 3-MCPD ve GE değişimleri a)3-MCPD değerleri b)GE değerleri.....	89

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Kızartma işleme sırasında yağda meydana gelen değişimler	6
Tablo 2.2. Kızartmada kullanılmakta olan katı ve sıvı yağların özellikleri	10
Tablo 2.3. Palm yağının fizikokimyasal özellikleri	12
Tablo 2.4. Palm yağının yağ asidi bileşimi	13
Tablo 3.1. Kızartma yağına ilave edilen antioksidanlar	37
Tablo 4.1. Kızartılan yağ numunelerinin renk değerleri	48
Tablo 4.2. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların serbest yağ asidi değerleri (%) .	51
Tablo 4.3. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların peroksit değerleri (%).....	54
Tablo 4.4. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların konjuge dien miktarları (%).....	58
Tablo 4.5. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların <i>p</i> -anisidin değerleri.....	62
Tablo 4.6. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların Totoks değerleri.....	66
Tablo 4.7. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların Toplam polar madde miktarları.	70
Tablo 4.8. Kontrol grubunun yağ asidi kompozisyonu (%)	74
Tablo 4.9. BHT grubu yağ asidi kompozisyonu (%).....	75
Tablo 4.10. BHT+BHA grubu yağ asidi kompozisyonu (%).....	76
Tablo 4.11. Zeytin yaprağı grubu yağ asidi kompozisyonu (%).....	77
Tablo 4.12. Isırgan otu grubu yağ asidi kompozisyonu (%)	78
Tablo 4.13. Örneklerin % inhibisyon ve troloks eşdeğer/g değerleri.....	80
Tablo 4.14. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların DPPH antioksidan aktivite değerleri	82
Tablo 4.15. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların ransimat değerleri	86
Tablo 4.16. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların 3-MCPD değerleri (ppm)	90
Tablo 4.17. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların GE değerleri (ppm).....	91

TEŞEKKÜR

Öncelikle 2021-123 no'lu projemizi destekleyen Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında akademik bilgisi, saygısıyla ve sevgisiyle tanıdığım, her koşulda yanımda olan, desteğini esirgemeyen ve tanımaktan onur duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Pelin GÜNÇ ERGÖNÜL'e, çalıőmalarım sırasında her zaman yanımda olan, desteğini her zaman hissettiğim, kıymetli hocam Araő. Gör. Kıvılcım ÇELİK YILDIZ'a, Küçükbay Yağ ve Deterjan Sanayi A.Ő. bünyesinde çalıőanlara, hayatımın her anında maddi ve manevi olarak desteğini esirgemeyen babam Ruhi İYİLİKEDEN'e ve aileme sonsuz sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim.

Elif İYİLİKEDEN
Manisa, 2023

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Elif İYİLİKEDEN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pelin GÜNÇ ERGÖNÜL

Çalışmada, palm olein yağına eklenen yapay (BHT, BHA+BHT) ve doğal (zeytin yaprağı ekstraktı ve ısırgan otu ekstraktı) antioksidanların kızartmalık performansı ve 3-MCPD/GE üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla bir firmadan temin edilen patateslere 180 °C'de 30 dakika aralıklar ile günde 16 defa kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işlemi 3 gün boyunca devam etmiştir. Kızartma işlemi sonrası renk değerleri, serbest asitlik, peroksit, konjuge dien, p-anisin değerleri, toplam polar madde içerikleri, TOTOX değeri, DPPH antioksidan aktivite değeri, yağ asitleri kompozisyonu, ransimat, 3-MCPD ve GE değerleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, kızartma sayısının artması ile yağların renk değerleri, serbest asitlik, peroksit sayısı, konjuge dien ve p-anisidin değerleri, toplam polar madde, TOTOX değeri içeriklerinde artış gözlenirken, DPPH antioksidan aktivite değerleri, ransimat, 3-MCPD/GE değerlerinde azalış gözlemlenmiştir. Serbest yağ asitliğinde en az artış BHT içeren yağ numunelerinde (%0.24), peroksit değerlerinde en az artış BHT+BHA içeren yağ numunelerinde (2,83 meq O₂/kg) konjuge dien değerlerinde en az artış kontrol grubu içeren yağ numunelerinde (9.07), p-anisidin değerlerinde en az artış ısırgan otu ekstraktı içeren yağ numunelerinde (50.70), toplam polar madde miktarındaki en az artış BHT+BHA içeren yağ numunelerinde (17.00), TOTOKS değerlerinde en az artış ısırgan otu ekstraktlı yağ numunelerinde (59.46) tespit edilmiştir. DPPH antioksidan aktivite değerlerinde en az azalış zeytin yaprağı ekstraktlı yağ numunelerinde (67.35 µmol TE/100g), ransimat değerlerinde en az azalış kontrol grubu yağlarında (11.10), 3-MCPD değerlerinde en az azalış ısırgan ekstraktlı yağ numunelerinde (1.91 ppm) ve GE değerlerindeki en az azalış BHT+BHA içeren yağ numunelerinde (1.46) belirlenmiştir. Kızartmanın 3. gününde BHT içeren grubun toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarları kontrol grubuyla çok benzer iken, BHT+BHA, ısırgan otu ve zeytin yaprağı ekstraktı içeren grupların sonuçları birbirine yakın bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: 3-MCPD/GE, doğal antioksidan, kızartma, oksidasyon, palm olein, yapay antioksidan

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Elif İYİLİKEDEN

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Food Sciences**

Supervisor: Prof. Dr. Pelin GÜNÇ ERGÖNÜL

In this study, the effects of artificial (BHT, BHA+BHT) and natural (olive leaf extract and nettle extract) antioxidants added to palm olein oil on frying performance and 3-MCPD/GE were investigated. For this purpose, the potatoes obtained from a company were fried 16 times a day at 180 °C with 30 minutes intervals. The frying process continued for 3 days. Color values, free acidity, peroxide, conjugated diene and p-anisidine values, total polar substance contents, TOTOX value, DPPH antioxidant activity value, fatty acid composition, rancimat, 3-MCPD and GE values were investigated after frying process. According to the results obtained, it was observed that the color values, free acidity, peroxide number, conjugated diene and p-anisidine values, total polar substance, TOTOX value contents of the oils increased with the increase of frying number, while DPPH antioxidant activity values, rancimat, 3-MCPD/GE values decreased. The least increase was determined for free fatty acidity in BHT group (0.24%), for peroxide number in BHT+BHA group (2.83 meq O₂/kg), conjugated diene values in the control group (9.07), nettle extract for p-anisidine value group (50.70), BHT+BHA group (17.00) for total polar substance, and stinging nettle group (59.46) for TOTOX values. The smallest decrease in DPPH antioxidant activity values was in olive leaf extract oil samples (67.35 µmol TE/100g), in rancimat values was in control group oils (11.10), in 3-MCPD values was in oil samples with stinging nettle extract (1.91 ppm) and in GE values was in oil samples containing BHT+BHA (1.46). While the total amount of mono and polyunsaturated fatty acids of the group containing BHT on the 3rd day of frying was very similar to the control group, the results of the groups containing BHT + BHA, nettle and olive leaf extract were found to be close to each other.

Key Words: 3-MCPD/GE, frying, natural antioxidant, oxidation, palm olein, synthetic antioxidant

1. GİRİŞ

Günümüzde yaygın ve en popüler yemek hazırlama yöntemlerinden biri olan derin yağda kızartma işlemi son yıllarda önemli ölçüde artış göstermektedir. Tüketiciler tarafından tercih edilen kızartma işlemi; lezzetli, kullanışlı, teknik olarak hızlı yiyeceklerin elde edilmesine imkân sağlamaktadır. Geniş bir yaş aralığına hitap eden başta patates kızartması ve diğer kızartılmış yiyecekler dünya çapında beslenme alışkanlığının önemli bir parçası haline gelmiştir. Palm yağı, yüksek oksidatif stabilitesi ve dumanlanma noktasının nispeten yüksek olması sebebiyle dünya çapında tercih edilen en iyi kızartmalık yağ seçeneklerinden biri olmuştur [1–6].

Palm yağı, Maripa Palmiyesi (*Attalea maripa*), Amerikan Yağ Palmiyesi (*Elaeis oleifera*), Afrika Palmiye Ağacı (*Elaeis guineensis*) meyvelerinden elde edilen bitkisel yağdır. Palm ağacı, Malezya ve Endonezya olmak üzere birçok ülkede yetiştirilmektedir. Palm yağı bitkisel kaynaklı olmasına rağmen doymuş yağ içeriği yüksektir. Meyvenin mezokarp (meyve eti) kısmında %45 oranında doymamış yağ asitleri %48 oranında ise doymuş yağ asidi bulunmaktadır. Önemli miktarda α -, β -, γ -, δ - tokoferol ve tokotrienol, karotenoid, sterol ve koenzim Q10 içermektedir. Palm yağının %90'undan yenilebilir gıda endüstrisinde, kalan %10'undan ise sabun üretiminde yararlanılmaktadır [6,7].

Palm yağının fraksiyonlarından biri olan palm olein, kontrollü sıcaklıkta kristalleşme ve kristallerin filtrasyonu yolu ile uzaklaştırılmasıyla elde edilir. Palm oleininin oksidatif stabilitesi yüksek olduğu için kızartmalık yağ olarak kullanılmaktadır. Palm olein yüksek miktarda oleik asit (%39–45) ve linoleik asit (%10–13) içermektedir. Erime noktası yüksek olan triaçilgliseroller uzaklaştırıldığı ve daha düşük erime noktasına sahip bileşiklerle zenginleştirildiği için doymuş ve doymamış yağ asitleri oranı yaklaşık olarak aynıdır. Palm olein, sıcak iklimlerde ortam sıcaklığında tamamen sıvı haldedir [7,8].

Derin yağda kızartma işlemi; 150-200 °C sıcaklıkta yağın içerisine daldırılarak gıdanın arzulan doku, renk ve lezzet kazanarak kısa sürede pişmesini sağlamaktadır. Gıdanın tüketilebilir düzeye gelmesi ve yağ emiliminin fazla olmaması için kızartma yağının 150 °C'yi aşması gerekmektedir. Kızartma esnasında meydana gelen reaksiyonlar nedeniyle yağda bazı kimyasal ve fiziksel değişimler olmaktadır. Kızartma yağının yüksek sıcaklıklarda ve sürekli kullanımı; oksidasyon hidroliz ve

polimerizasyon gibi reaksiyonların gerçekleşmesine yol açmaktadır. Derin yağda oluşan bu reaksiyonlar moleküllerin bölünmesi ya da değişmesiyle serbest yağ asidi, trans yağ asitleri gibi sağlığa zararlı maddelerin oluştuğunu göstermektedir [5,9–11].

Kızartma esnasındaki yüksek sıcaklık 3-MCPD ve GE gibi sağlığa olumsuz etkisi kanıtlanan bazı bileşiklerin oluşumuna zemin hazırlamaktadır [9,12,13]. Bitkisel yağlardaki MCPD esterlerini ve GE konsantrasyonlarını etkileyen işlem sıcaklığı kritik bir faktördür. Bugüne kadar yapılan birçok çalışmada, gerçek kızartma ya da simülasyon ile kızartma derecesinin etkisi vurgulanmıştır [14].

3-MCPD esterler karsinojendir ve ısı kaynaklı gıda kontaminantlarıdır. Genellikle rafine edilmiş bitkisel yağlarda bulunan 3-MCPD esterleri ile GE genotoksik etkiye sahiptir. Palm yağının diğer rafine edilmiş bitkisel yağlara kıyasla daha yüksek monokloropropandiol (MCPD) esterleri ve glisidil esterleri (GE) içerdiği bilinmektedir [15].

Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından 3-MCPD “insan üzerinde olası kanser etkileri olan madde” (grup 2B) olarak, GE ise “insan üzerinde muhtemel kanser etkileri olan madde” (grup 2A) olarak tanımlanmaktadır [16]. 3-MCPD, 1978 yılında ilk olarak asitle hidroliz edilmiş bitkisel proteinler ile soya sosu gibi ürünlerde tespit edilmiştir. 3-MCPD ve diğer bazı kloropropanol esterleri 1978’den itibaren “işlem bulaşanı” olarak ifade edilmiştir [7]. Toksikolojik araştırmalar sonucu, Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından 3-MCPD kontaminantı için tolere edilebilir günlük alım miktarının 2 µg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmesi tavsiye edilmektedir. 3-MCPD ve GE için limit değerler 1 Ocak 2021 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere Avrupa Birliği tarafından regüle edilmiştir. Yağlar için 3-MCPD ve GE limit değerler sırasıyla 1.25 ppm, 1 ppm olarak, karışım yağlar için bu değerler sırasıyla 2.5 ppm, 1 ppm olarak belirlenmiştir [17,18].

Kızartma esnasında tercih edilen yağ çeşidi, kızartma sıcaklığı, kızartma sayısı gibi faktörler 3-MCPD ve GE oluşumunu etkilemektedir. Kızartma performansını arttırmak, yağların oksidatif stabilitesini iyileştirmek için yağlara antioksidan ilave edilmektedir. Antioksidanların derin yağda kızartmada yağ stabilitesini arttırmaya ve 3-MCPD esterleri ve GE seviyelerini düşürmeye yardımcı olduğu çalışmalarda gösterilmiştir [5,19].

Bütillenmiş hidroksitoluen (BHT), bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ve üçüncül bütillenmiş hidrokinon (TBHQ) gibi termal olarak kararlı sentetik antioksidanlar istenilmeyen bu etkilerin önüne geçebilmek adına kızartma yağlarına eklenmektedir. Gıda maddeleri üzerinde potansiyel toksisiteye neden olduğu için; BHA ve BHT gibi sentetik antioksidanlar, Codex Alimentarius (FAO/WHO Gıda Standartları, 2005) ile Avrupa Yönetmeliği (Direktif 2006/52/EC, 2006) ve FDA Gıda Katkı Maddesi Durum Listesi (ABD Gıda ve İlaç Dairesi, 2006) ile sınırlandırılmıştır [20].

Kızartmalık yağların oksidatif stabilitesini iyileştirmenin bir başka yolu ise bitki kaynaklı doğal antioksidan bileşenlerin eklenmesidir. Bitki ve baharatların doğal özlerinin katı ve sıvı yağlarda antioksidan aktiviteler ve stabilize edici özellikler gösterdiği yapılan birçok çalışmada kanıtlanmıştır [21,22].

Zeytin yapraklarının kullanımı, yüksek biyoaktif bileşen içeriği sebebiyle araştırmacılar için ilgi çekici hale gelmiştir. Zeytin yaprağında en bol bulunan ve en aktif fenolik bileşik oleuropein maddesidir. Oleuropeinin antioksidan, antidiyabetik, antimikrobiyal gibi iyi bilinen metabolik bazı etkileri vardır. Oleuropeinin hidrolizinin bir sonucu olarak meydana gelen diğer aktif metabolitler elenolik asit ve hidroksitirozol [2-(3,4-dihidroksifenil) etanol] bileşikleridir. Verbascoside, luteolin-7-glucoside, apigenin 7-glucoside ve tirozol zeytin yapraklarında bulunan diğer önemli aktif fenolik bileşiklerdir. Tirozol ve özellikle hidroksitirozol gibi fenolik bileşikler zeytin yaprağı ve yağında bulunan minör maddeler olmakla birlikte önemli metabolik etkileri bulunmaktadır [2,23].

Isırgan otu (*Urtica dioica L.*) ise antiviral özelliğinden dolayı ağırlıklı olarak ilaç endüstrisinde kullanılmaktadır. Isırgan otu özütü doğal bir antimikrobiyal ajan ve antioksidandır. Isırgan otu yaprakları mineraller, klorofil, amino asitler, lesitin, karotenoidler, flavonoidler, steroller, taninler ve vitaminlerce zengin, bitki kökleri scopoletin, steroller, yağ asitleri, polisakkaritler ve izolektin gibi kimyasal maddeler içermektedir. Isırgan otu yaprakları K, vitamin B1, provitamin A, ürtisin glikozidi, sistosterin, sepi maddeleri, ksantofil yönünden zengindir [24,25].

Bu çalışmada yapay ve doğal antioksidan kullanımının palm olein yağının kızartmalık performansı ve 3-MCPD/GE değişimi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Günde 16 kızartma olacak şekilde 3 gün boyunca kızartma işlemi uygulanmıştır. Her 4 kızartmadan sonra fritözden alınan yağ numunelerinde yapılan analizler; renk değerleri tayini, serbest yağ asitliği, peroksit değeri, konjuge dien

değeri, p-anisidin değeri, totox değeri, toplam polar madde miktarının belirlenmesi, yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi, DPPH metodu ile antioksidan miktarının belirlenmesi, 3-MCPD ve GE analizi, ve ransimat analizleridir. Bu analizler ışığında kullanılacak olan doğal ve yapay antioksidanların hem kızartma performansına hem de 3-MCPD/GE miktarları değişimi üzerine etkisi belirlenmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Derin Yağda Kızartma

Günümüzde yaygın ve geleneksel yemek hazırlama yöntemlerinden biri olan kızartma işlemi, bilinen en eski pişirme yöntemlerinden biridir [10,26]. Ön kızartma, temaslı (sığ) kızartma ve derin yağda kızartma olarak 3 farklı şekilde uygulanmaktadır [27]. Derin yağda kızartma, gıda ürününe sağladığı duyusal özellikleri sebebiyle endüstride ve evlerde sıklıkla uygulanmaktadır. Genel olarak bitkisel yağ kullanılarak uygulanan kızartma işlemi, 150-200 °C sıcaklıkta derin yağ içerisine daldırılarak uygulanmaktadır. Gıdanın arzulanan doku, lezzet ve rengini kazanarak kısa sürede pişmesini sağlamaktadır. Kızartma işlemi gıda, yağ ve ortam havası arasında eş zamanlı gerçekleşen kütle ve ısı transferi işlemidir [10,11,27,28]. Derin yağda kızartma işlemi optimum pişme süresi ve sıcaklık değerini sağlayarak gıda ürününün istenilen yağ emilimini sağlamaktadır [29].

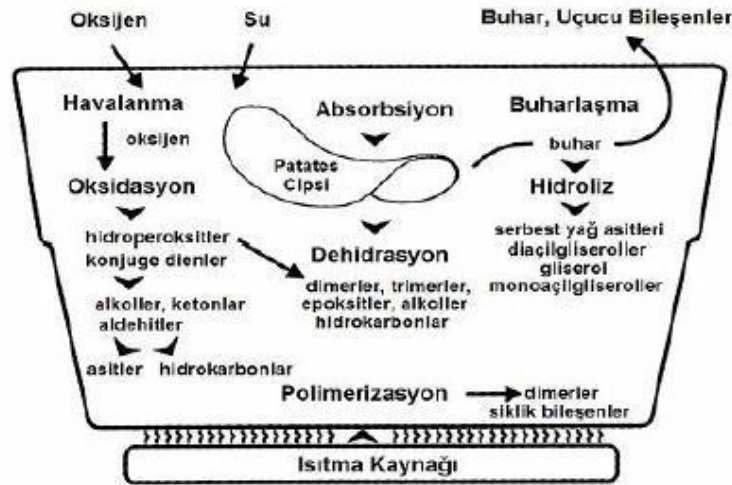
Kızartma işlemi esnasında kütle ve ısı transferi eş zamanlı gerçekleşmekte ve ısı iletim yoluyla yağdan ürün yüzeyine ardından da yüzeyden ürün merkezine doğru aktarılmaktadır. İşlem sırasında gıdanın nemi merkezden yüzeye doğru iletilirken, daha sonra da buharlaşmaktadır. Bu sırada da kızartma yağı ürün tarafından emilmektedir. Yüzey sıcaklığının artışı ve gıda içerisindeki suyun buharlaşması sonucu gıda ürününde kabuk oluşmakta ve gözenekli bir yapı meydana gelmektedir. Derin yağda kızartma işlemi karmaşık bir süreçtir ve birçok faktörden etkilenmektedir. Kızartma yağında ve gıda ürünüdeki gerçekleşen değişimler; gıda ürünün yapısı, yağ tipi, yağ içerisindeki havanın reaksiyona katılım hızı, kızartma sıcaklığı ve işlem tekrarı, işlem süresi ve gıda ile yağın etkileşimi gibi birçok faktöre bağlıdır [30]. Derin yağda kızartma işlemiyle beraber farklı kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir [31]. Tablo 2.1’de kızartma işlemiyle beraber gerçekleşen fiziksel ve kimyasal değişimler gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Kızartma işleme sırasında yağda meydana gelen değişimler [32]

Fiziksel Değişimler	Kimyasal Değişimler
Renkte kararma veya koyulaşma	Doymamış yağ asitlerinde azalma
Viskozitede artış	Duyusal özelliklerde istenmeyen değişiklikler
Köpüklenme	Esansiyel yağ asitlerinde azalma
Dumanlanma noktasında düşme	Serbest yağ asitleri, karbonil bileşenlerde artış

2.1.1. Kızartma Sırasında Yağda Meydana Gelen Kimyasal Reaksiyonlar

Kızartma yağının yüksek sıcaklık ve atmosferik havaya maruz kalmasıyla yağın yapısında ve gıda ürününde potansiyel olarak toksik ürünler oluşabilmektedir. İlerleyen kızartma işlemi kızartma yağının oksidasyonuna, hidrolizine ve polimerizasyonuna neden olmaktadır [33,34].

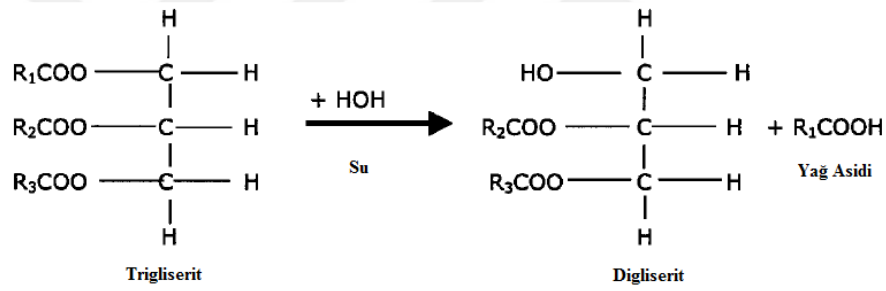


Şekil 2.1. Kızartma süresince meydana gelen reaksiyonlar ve oluşan bileşenler [35].

Bu tepkimeler sonucunda hem kızartma yağının hem de kızartılan gıda ürününün kalitesinde olumsuz değişiklikler yaşanmaktadır. Reaksiyon sonrasında uçucu olan ve olmayan bileşenler oluşmaktadır. Uçucu bileşiklerin bir kısmı buharlaşırken, bir kısmı da gıda tarafından emilmekte ya da reaksiyona girmektedir. Kızartma yağının ve kızartılan gıda ürününün yapısı yağdaki uçucu olmayan bileşenlerin etkisiyle değişime uğramaktadır. Kızarmış gıdanın lezzet stabilitesini, kalitesini ve tekstürünü değiştirmektedir [10].

2.1.2. Yağın Hidrolizi

Kızartma işlemi esnasında ortamda bulunan su, oksijen ve buhar hem kızartılan gıdanın hem de kızartma yağında kimyasal reaksiyonlara sebep olmaktadır. Hidroliz reaksiyonunda, suyun varlığıyla trigliseritlerin ester bağları parçalanmaktadır. Böylece mono ve digliserit, gliserol ve serbest yağ asitlerinin oluşumuna sebep olmaktadır [34]. Kızartma ortamındaki su ve kızartma sayısının artışı yağın içerisindeki serbest yağ asit içeriğini de arttırmaktadır [36]. Serbest yağ asitliğinin artışıyla beraber yağın tadında değişiklikler meydana gelmekte ve yağın kızartma işlemi için kullanılabilirliği etkilenmektedir. Mono- ve digliseritler, gliserol ve serbest yağ asitleri yağın yapısında meydana gelebilecek ileri aşamadaki hidroliz reaksiyonlarını da hızlandırmaktadır [37]. Şekil 2.2’de hidroliz reaksiyonu gösterilmiştir. Kızartma yağındaki serbest yağ asitliği değeri kalite ölçütü olarak kullanılmaktadır. Kızartma yağlarında maksimum serbest yağ asitliği içeriğinin %0,05-%0,08 olması önerilmiştir [38,39].



Şekil 2.2. Yağlarda meydana gelen hidrolitik reaksiyon [40].

2.1.3. Yağın Oksidasyonu

Yağların oksidasyonu, arka arkaya gerçekleşen yemeklik katı ve sıvı yağların kalitesini olumsuz yönde etkileyen reaksiyonlardır [41]. En önemli bozulma etmenlerinden biri olan lipid oksidasyonu, kızartmalık yağların arzu edilmeyen aroma bileşenlerinin oluşumuna ve lezzet kaybına sebebiyet vermektedir [42]. Lipit oksidasyonunun zincir reaksiyonları Şekil 2.3’de gösterilmiştir.

Başlangıç:	$RH \rightarrow R' + H'$
Yayılma:	$R' + {}^3O_2 \rightarrow ROO'$
	$ROO' + RH \rightarrow ROOH + R'$
Sonlanma:	$ROO' + R' \rightarrow ROOR$
	$R' + R' \rightarrow RR$

Şekil 2.3. Lipid oksidasyonunun zincir reaksiyonu. RH: lipit molekülü, R': lipit alkil radikali, ROO': lipit peroksil radikali, ROOH: lipit peroksit [43].

Yağlarda oksidasyon; hidrolitik, otooksidasyon, fotooksidasyon, termik ve enzimatik oksidasyon olarak farklı mekanizmalar ile gerçekleşmektedir. Sıcaklığın yüksek ve suyun fazla olduğu ortamlarda gliserid molekülleri gliserol ve yağ asitlerine parçalanır ve bu olay hidrolitik oksidasyon olarak adlandırılmaktadır. Serbest yağ asitlerinin oluşmasıyla birlikte yağlarda asitlik artış göstermektedir. Otooksidasyon, yağların bileşiminde bulunan doymamış yağ asitlerinin oksijenle yükseltgenmesi ile aldehit, keton, hidroksi asit, alkol ve küçük moleküllü yağ asitleri meydana getirmektedir [44,45]. Isının etkisiyle gerçekleşen oksidasyon, hidrolize göre daha yüksek oranda gerçekleşmektedir. Oksidasyon hidroperoksitleri oluştururken daha sonra da aldehit, keton, alkan, alken ve karboksilli asitlere dönüşmektedir [34,46,47].

Termik oksidasyon, derin yağda kızartma sırasında hidrolizden daha hızlı gerçekleşir. Oksidasyon, hidroperoksitler ve ardından aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler ve kısa zincirli alkanlar ve alkenler gibi düşük moleküler uçucu bileşikler üretir [34].

2.1.4. Yağların polimerizasyonu

Kızartma işlemi esnasında hidroliz ve oksidasyon eş zamanlı gerçekleşen ilk reaksiyonlardır. Kızartma yağının ana reaksiyonu olan oksidasyon ilerleyen süreçte polimerleşmeye neden olmaktadır [48,49]. Polimerizasyon, kızartma işlemi esnasında triaçilgliserollerden (TAG) daha yüksek molekül ağırlıklı ve polariteli bileşiklerin oluşumuna sebebiyet vermektedir [38,50]. Kızartma yağında oluşan ana bileşenler; uçucu olmayan polar maddeler, triaçilgliserol dimerler ve polimerlerdir. Polar yapıdaki bozunma ürünlerinin bir kısmı küçük moleküllü ketonlar, aldehitler, hidrokarbonlar, epoksiler ve uçucu siklik yapıdaki bileşiklerdir. Başlıca orta moleküllü aldehitler, okso-hidroksi, epoksi bileşikler ve trigliseritler ile asitlerin oluşturduğu

dimer ve polimerler uçucu olmayan bileşiklerdir [30]. Diels-Alder reaksiyonu ile trigliseritlerden ya da serbest radikallerden meydana gelmektedir. Siklik yağ asitleri tek bir yağ asidinden; dimerik yağ asitleri tek bir trigliserit içerisindeki iki yağ asidi arasında ya da iki trigliserit arasında oluşmaktadır. Bu moleküllerin çapraz bağlanmaya devam etmesiyle yüksek molekül ağırlıklı polimerler oluşmaktadır [34,51].

Kızartma yağlarında gerçekleşen tepkimeler karmaşık reaksiyonlar dizisidir. Kızartma yağında oluşan ürünler, onu oluşturan yağ asitlerinin ayrışması sonucu oluşur. Doymamış yağ asitlerinin oksidasyon ürünleri baskın bileşiklerdir. Hem uçucu hem de uçucu olmayan bozunma ürünleri oluşmaktadır [49]. Kızartma işlemi renk, viskozite, yoğunluk gibi kalite özelliklerine etki etmekte ve polimerik bileşik ve polar madde artışına sebep olmaktadır. Kızartma yağında oluşan polimerize triaçilgliserol dağılımının seviyesi yağ için güvenilir kalite indeksi olarak kabul edilmektedir [34,50].

2.1.5. Kızartma Yağları

Kızartma işlemi gıdaların tat ve tüketilebilme kalitesini geliştirmek amacıyla uygulanan ısısal bir işlemdir. Yüksek sıcaklıkla beraber gıda ürünün bünyesinde bulunan su büyük ölçüde uçmaktadır. Bu sayede mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonları da önemli ölçüde sağlandığından kızartma işlemi gıda ürünleri üzerinde koruyucu etki yaratmaktadır. Genel olarak kızartılmış gıda ürünlerinin raf ömrü, diğer pişirme tekniklerine göre daha uzundur. Ayrıca kızartma esnasında oluşan fizikokimyasal değişiklikler ve kızartma koşulları ürünün kalitesini de etkilemektedir. Gıdanın yapısında değişikliklere sebep olan kızartma işleminde kullanılacak yağların nitelikleri konusunda duyarlı olmak gerekmektedir. Her yağ çeşidinin kızartma işleminde kullanımı uygun olmayabilir. Yağın cinsi, kızartma sonrası yağın bozunmasını ve kızartılan ürünün kalitesini de etkilemektedir [52–55]. Bu yüzden Tarım ve Ormanlık Bakanlığı'nın 12 Mayıs 2012 tarihli resmî gazetede yayınladığı “Kızartmada Kullanılmakta olan Sıvı ve Katı Yağlar için Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği” 1 Haziran 2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Sayı:28290). Böylece gıda maddeleri üretim, satış ve toplu tüketim yerlerindeki kızartma işlemlerinde kullanılmakta olan katı ve sıvı yağların resmi kontrol ve denetimlerindeki bazı fiziksel ve kimyasal kriterler belirlenmiştir. Kızartma yağlarının maksimum dumanlanma değeri 180 °C, polar madde değeri maksimum %25, ve asit sayısının (mg KOH/g yağ)

2.5'in altında olması istenmektedir. Tablo 2.2'de bazı fiziksel ve kimyasal kriterler gösterilmiştir [56].

Tablo 2.2. Kızartmada kullanılmakta olan katı ve sıvı yağların özellikleri

Özellik	Limit Değerleri
Kızartma Yağı Sıcaklığı	≤ 180
Polar Madde (%)	≤ 25
Asit Sayısı (mgKOH/g yağ)	≤ 2.5

Günümüzde kullanılan kızartma yağları genellikle tek bir bitki veya tohumdan elde edilmektedir. Bu yağlara sıklıkla yapay ve doğal antioksidan ve/veya köpük önleyici katkı maddeleri ilave edilmektedir. Fakat bazı durumlarda istenilen aroma, tekstür, görünüş ve stabiliteyi elde etmek için farklı bitkisel yağlar karıştırılmaktadır [53].

Kızartma işleminde en önemli bozulma reaksiyonlarından olan oksidasyona karşı; fraksiyonunda düşük oranda linoleik asit, linolenik asit ve yüksek oranda oleik asit bulunduran yağların daha stabil olduğu bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada yapısında %42.5 oleik asit, %11.2 linoleik asit, %0.4 linolenik asit bulundurduğu bilinen palm olein yağı, baskın yağ asidi linoleik asit olduğu bilinen ayçiçeği yağına göre oksidasyona karşı daha stabil olmakla birlikte palm olein yağıyla kızartma sonucu üründe yağ emiliminin daha az olduğu görülmüştür [57,58].

2.2. Palm Yağının Genel Özellikleri

Palm yağı; Afrika Palmiye Ağacı (*Elaeis guineensis*), Amerikan Yağ Palmiyesi (*Elaeis oleifera*) ile Maripa Palmiyesi (*Attalea maripa*) meyvelerinden üretilen bitkisel kaynaklı bir yağdır [59,60]. Şekil 2.4'de palm meyvesi gösterilmiştir. Palm ağacının kökeni Batı Afrika olmakla birlikte Kuzey Asya'nın tropikal bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Palm yağının ana üretim noktaları ise Malezya (%31) ve Endonezya (%54)'dir [59,61]. Palm ağacının ortalama 25-30 yıllık bir ömrü vardır ve boyu 30-40 m'ye kadar ulaşabilmektedir [62].



Şekil 2.4. Palmiye ağacı ve meyvesi [63].

Palm yağının diğer bitkisel yağlardan farkı, palm meyvesinden elde edilen palm yağı ve palm bitkisinin çekirdeğinden elde edilen palm çekirdeği yağı olmak üzere iki farklı yağ eldesinden kaynaklanmaktadır [6].

Palm yağının diğer bitkisel yağlara göre verimliliği daha yüksektir. Hasat ve işleme sırasında yüksek enzimatik hidroliz reaksiyonlarına maruz kalan palm yağının serbest yağ asidi %50'ye kadar çıkabilmektedir. Palm yağının serbest yağ asitliği değeri, kaliteli palm meyvelerinden elde edilse bile diğer bitkisel kaynaklı yağlara göre daha yüksektir [61,64].

Palm yağına uygulanan farklı kristalizasyon teknikleri ile yaklaşık olarak 15 farklı yağ elde edilmektedir. Elde edilen yağların erime noktaları ve yağ asitleri kompozisyonları birbirlerinden farklıdır. Palm yağının içeriğinde bulunan yağ asitleri ve trigliserit profili sayesinde gıda endüstrisinde birçok alanda kullanımı yaygındır [65]. Türk Gıda Kodeksi'ne göre; *Elaeis guineensis* meyvesinin çekirdeğinden elde edilen yağa palm çekirdeği yağı, fraksiyonlarına ayrılan palm çekirdeği yağının sıvı kısmına palm çekirdeği olein, palm çekirdeği yağının katı kısmına palm çekirdeği stearin, fraksiyonlarına ayrılan palm yağının sıvı kısmına palm olein, erime noktası yüksek olan kısmına palm stearin, kontrollü kristalizasyon işlemi ile iyot sayısı en az 60 olacak şekilde üretilmiş sıvı kısmına ise palm süper olein adı verilmiştir [66].

2.2.1. Palm Yağının Yapısı ve Özellikleri

Palm yağının içeriğinde en üst değer %1.2 ile sabunlaşmayan madde, %0.4 nem, en düşük %98 düzeyinde toplam yağ asitleri bulunmaktadır. Tablo 2.3’de palm yağının fizikokimyasal özellikleri gösterilmiştir [67].

Tablo 2.3. Palm yağının fizikokimyasal özellikleri [6]

Özellik	Değer	Alt-Üst
50°C’de Yoğunluğu (g/ml)	-	0.892-0.899
Erime Noktası (°C)	37.5	33.0-45.0
110°C’de Oksidatif Stabilite İndeksi	16.9	16.6-19.0
Dumanlanma Noktası (°C)	-	230.0–235.0
Donma Noktası (°C)	-	35.0-42.0
Katı Yağ İndeksi (%)		
10 °C	34.5	30.0–39.0
21,1 °C	14.0	11.5–17.0
26,7 °C	11.0	8.0–14.0
33,3 °C	7.4	4.0–11.0
37,8 °C	5.6	2.5–9.0
40 °C	4.7	2.0–7.0
Viskozitesi (cP)	45.0	45.0-49.0

Palm meyvesinden elde edilen palm yağının doymuş yağ asidi içeriğinin ana bileşenini %44 oranıyla uzun zincirli yağ asidi olan palmitik asit (C16:0) oluşturmaktadır. Tekli doymamış yağ asitleri oranı %40 iken , çoklu doymamış yağ asidi oranı %10’ dur [62,68]. Tablo 2.4.’de gösterildiği üzere tekli doymamış yağ asidi olan oleik asit %39.2 oranıyla palm yağının diğer önemli bileşenidir [59,67]. Palm yağının içeriğindeki palmitik asit hayvansal yağlarda bulunan palmitik asitle farklı kimyasal yapıya sahiptir. Palm yağının içeriğinde bulunan palmitik asit gliserolün birinci ve üçüncü karbonuna bağlı iken, hayvansal yağların bünyesinde bulunan palmitik asit ikinci karbona bağlıdır [69]. Ham palm yağında omega yağ asitlerinin oranı %9.1 ile %10, omega 3 yağ asitleri oranı %0 ile % 0.2 arasında değişim göstermektedir [67]. Palm yağı önemli miktarda α -, β -, γ -, δ - tokoferol ve tokotrienol, karotenoid, sterol ve koenzim Q10 içermektedir. Yüksek oranda karoten içeriği palm yağına yoğun, baskın kırmızı-turuncu rengini vermektedir. Ayrıca karoten ve tokoferoller yağa besin değeri katar ve yağın stabilitesini sağlamaktadırlar [61,70].

Tablo 2.4. Palm yağının yağ asidi bileşimi [71].

Doymuş Yağ Asitleri %	Tekli Doymamış Yağ Asitleri %	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri %
Laurik asit (C12:0) %0,2	Palmitoleik asit (C16:1) %0,1	Linoleik asit (C18:2) %10,1
Miristik asit (C14:0) %1,1	Oleik asit (C18:1) %39,2	α -Linolenik asit (18:3) %0,4
Palmitik asit (C16:0) %44		
Stearik asit (C18:0) %4,5		
Arişidik asit (C20:0) %0,4		

2.2.2. Palm Olein

Ham palm yağı, düşük erime derecesine sahip (20-22 °C) sıvı fraksiyon (%65-70 palm olein) ve yüksek erime derecesine sahip (50 °C) katı fraksiyon (% 30-35 palm stearin) olarak sınıflandırılmaktadır [67].

Kızartma yağı olarak da kullanılan palm olein, palm yağının kontrollü sıcaklıkta kristalleşmesi ve kristallerin filtrasyon yoluyla uzaklaştırılmasıyla elde edilen sıvı fraksiyonudur. Palm olein, palm yağına göre daha yüksek miktarda oleik asit (%39–45) ve linoleik asit (%10–13) içermektedir. Erime noktası yüksek olan triaçilgliseroller uzaklaştırıldığı ve daha düşük erime noktasına sahip bileşiklerle zenginleştirildiği için doymuş ve doymamış yağ asitleri oranı yaklaşık olarak aynıdır. Bu nedenle palm oleinin erime noktası (22-24°C) palm yağına kıyasla daha düşüktür [5,7].

FAO/WHO ortak kuruluşu olan Uluslararası Codex Alimentarius Komisyonu (1999) tarafından yemeklik yağ çeşidi olarak kabul edilen palm yağı “kızartma yağı” olarak kullanılmaktadır. 1980’lerin başında dünya pazarına giren palm yağı ve palm olein, termo-oksidatif stabilitesi, kendine özgü yağ asidi bileşimi, ekonomik avantajları, yüksek dumanlanma noktası gibi avantajlar nedeniyle endüstriyel alanda en çok tercih edilen kızartma yağıdır. Palm yağı kullanımının sağlık açısından bakıldığında kolesterol içermemesi ve sindirilebilirliğinin yüksek olması bu yağın enerji kaynağı olarak kullanımını gün geçtikçe arttırmaktadır [60,72–74].

2.3. 3-MCPD ve GE Genel Tanımı

3-MCPD ve esterleri, ısı kaynaklı gıda kontaminantlarıdır. Aynı zamanda kanserojen etkiye sahip bileşiklerdir. 3-MCPD (3-Kloropropan 1,2- diol), kimyasal kontaminantlar olarak bilinen kloropropanoller grubunda yer alan toksik bir bileşendir [15,75]. Avrupa Komisyonu'nun Gıda Bilimsel Komitesi tarafından genotoksik karsinojen olduğu belirlenmiş ve İngiltere Gıda Danışma Komitesi tarafından gıda ve gıda maddelerinde minimum düzeylere indirilmesi tavsiye edilen proses kaynaklı bulaşan olarak tanımlanmıştır. 3- MCPD'nin serbest formu ilk olarak Velisek ve ark. (1978) tarafından, bağlı formu (yağ asitleriyle esterleşmiş hali) ise 1980 yılında Davidek ve ark. (1980) tarafından soya sosunda bulunan asitle hidrolize edilen bitkisel proteinlerde tespit edilmiştir [76,77]. EFSA 2013 ve 2016'da 3-MCPD üzerine yaptığı iki çalışmada toksisitenin serbest formda olduğu gibi esterleşmiş formda da aynı olduğunu göstermiştir [78]. Rafine edilmiş bitkisel yağlarda 3-MCPD esterleri ile bulunan GE, gıda kirleticisi olarak kabul edilmiştir ve yapılan çalışmalarda genotoksik olduğu gösterilmiştir [15]. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı 3-MCPD'yi "insanlar için potansiyel karsinojen" olarak 2B grubunda sınıflandırmıştır. Glisidolün ise mutajenik ve karsinojenik özellikler gösterdiği belirtilmiş ve "insanlar için büyük bir olasılıkla karsinojen" olduğu ifade edilerek 2A grubunda sınıflandırılmıştır [18].

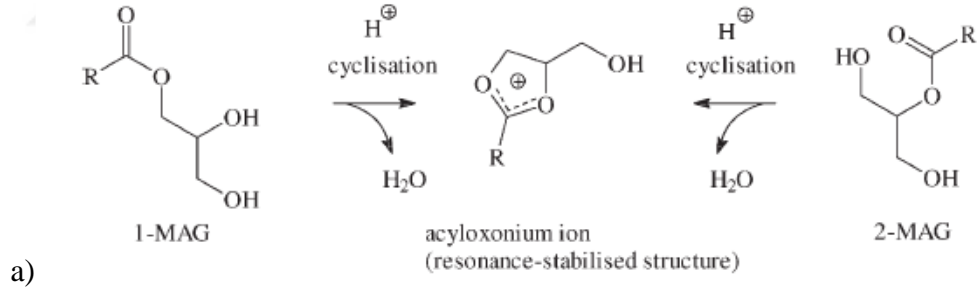
Günümüze kadar 3-MCPD esterleri ve glisidil esterleriyle ilgili yapılan çalışmalarda; bitkisel yağlar, bebek mamaları, patates ve patates cipsleri, tahıl ürünleri, tütülenmiş gıdalar (et, balık), süt ve süt ürünleri, kahve gibi çeşitli gıdalarda geniş konsantrasyon aralığında tespit edilmeye başlanmıştır [75,79,80]. Birçok gıdada tespit edilen 3-MCPD'lerin esterleri 2004'ten itibaren araştırmacılar tarafından önem kazanmıştır. Günümüzde 3-MCPD ve GE çoğunlukla bitkisel ve hayvansal kaynaklı yağlarda bulunan ısı işlemleri ve koku giderme işlemi (deodorizasyon) esnasında ortaya çıkan proses kirleticileridir [81].

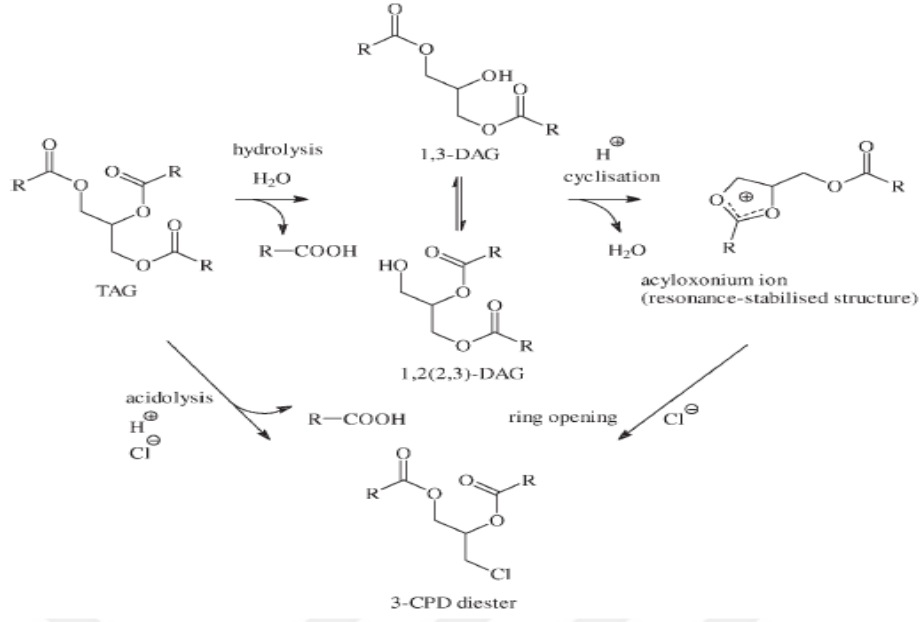
2.3.1. Oluşum Mekanizması ve Kimyasal Yapısı

Bitkisel yağların yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı iki ana termal işlem deodorizasyon aşaması (180-260 °C) ve derin yağda kızartma işlemidir [82]. 3-MCPD ve GE oluşumu için yüksek sıcaklık ana faktördür. Ancak ısı işlemin türü fark etmeksizin yüksek DAG (diaçilgliserol) içeriği 3-MCPD ester ve GE'nin oluşumunu arttırmaktadır [83–85]. Bitkisel yağlarda 3-MCPD ve glisidil kontaminantı yağ asitleri ile esterleşmiş halde bulunmaktadır. 3-MCPD ve esterlerinin oluşumundaki diğer

etmenler; proses esnasında kullanılan diğer materyallerden kaynaklanan Cl^- iyonları, su, tri-, di- ve monoaçilgliseritlerin varlığı ve süredir [75,86,87]. 3-MCPD oluşum mekanizmasının incelendiği bir çalışmada, gliserol, monogliseridler, digliseridlerin ve trigliseridlerin 3-MCPD oluşumuna öncü bileşenler olduğunu bildirmişlerdir. Yağlarda trigliseridlerin digliserid ve monogliseridlere dönüşmesi ve varlığının artması 3-MCPD oluşumunu hızlandırdığını göstermiştir [88].

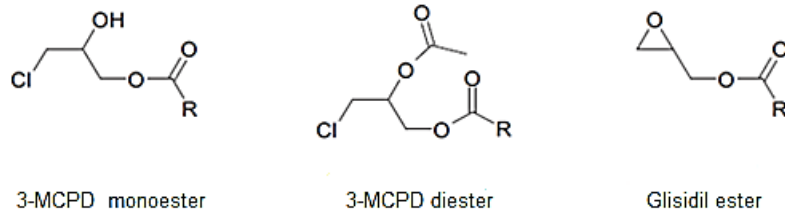
Yüksek sıcaklığın etkisi ile monogliserit ve digliseritlerden siklik açiloksonyum iyonları meydana gelerek 3-MCPD ester oluşumu başlamaktadır. Şekil 2.5 a' da gösterildiği gibi kararlı bir yapıya sahip olmayan açiloksonyum iyonları ortamdaki klor iyonları ile birleşerek 3-MCPD'ye dönüşmektedir. Açiloksonyum iyonlarının varlığında ortamda yeteri kadar klor iyonunun bulunmaması ya da reaksiyon esnasında klor açlığı gerçekleşmesi durumunda, daha kararlı yapıdaki glisidil esterlerine dönüşmektedir (Şekil 2.5 b). Glisidil esterleri ortamda klor varlığında ise 3-MCPD esterlerini oluşturabilmektedir [89].





Şekil 2.5. 3-MCPD oluşum mekanizması a)MAG'lerden açiloksonyum iyonları oluşumu b)TAG, DAG ve MAG yoluyla 3-MCPD oluşumu [90].

3-MCPD, temel olarak 5 çeşit kloropropanol bileşiğinden biridir. İçerisinde 3 adet karbon (C), 2 adet fonksiyonel alkol (-OH) grubu ve 1 adet klor (Cl) bulunmaktadır. Molekül formülü $C_3H_7ClO_2$, molekül ağırlığı ise 110.54 g/mol'dür. Higroskopik bir yapıya sahip olan bu bileşik su içerisinde yüksek oranda çözünebilmektedir. 3-MCPD; alkol, dietil eter ve asetonda da çözünebilir renksiz veya rengi saman sarısına dönmeye meyilli bir bileşiktir [91,92]. Glisidil esterleri ise oda sıcaklığında renksiz bir sıvıdır. Su ve polar çözücülerde çözünebilmektedir. 3-MCPD esterlerine benzer olarak epoksi halka yapısına sahiptirler [93]. Şekil 2.6 'de 3-MCPD ve glisidil esterlerinin kimyasal yapıları gösterilmiştir [92].



Şekil 2.6. 3-MCPD ve glisidil esterlerinin kimyasal yapıları [92].

2.3.2. 3-MCPD ve GE ile İlgili Toksikolojik Çalışmalar

2007 yılında Federal Risk Değerlendirme Enstitüsü (BfR) tarafından yayınlanan bildiriye, serbest formdaki 3-MCPD'nin insan sindirim sisteminde esterlerinden tamamen ayrıldığı ortaya konmuştur. Bu bilgiye göre serbest formdaki bileşikler için geçerli olan tüm eşik düzeyi ve önerilerin ester formları için de geçerli olduğunu öne sürmüştür. Glisidil esterlerinin ise sindirim sisteminde tamamen hidroliz edildiği tespit edilmiştir [94]. EFSA tarafından 2016 yılında yayınlanan raporda, 3-MCPD esterleri ve glisidil esterlerinin sindirim esnasında serbest hale geçmeleriyle beraber toksikolojik etkilerinin arttığı ve farelerde tümör oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir [92]. Abraham ve ark. (2013), 3-MCPD'nin serbest veya ester formda olması toksikolojik etkilerinde bir fark yaratmadığını bildirmiştir [95].

Gerçekleştirilen kısa dönemli çalışmalarda, 3-MCPD'ye bağlı toksisite yönünden en duyarlı organın böbrekler olduğu belirlenmiştir. Deney hayvanları üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, vücut ağırlığı başına 100 mg/kg 3-MCPD alan farelerde ağır proteinüri ve glikozürinin yanı sıra akut glomerülonefrit (böbreklerdeki küçük filtrelerin iltihaplanması) gözlenmiştir. 3-MCPD'nin nefrotoksitesinin oluşumunda muhtemel mekanizmanın β -klorolaktat metabolik yolu ile ilişkili metabolitlerin glikoliz reaksiyonlarını inhibe etmesi olduğu gösterilmiştir [96]. 3-MCPD ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda 3-MCPD'nin orta ve yüksek düzeyde vücuda alınmasının toksik etkilerinin özellikle üreme sistemi üzerinde görüldüğü bildirilmiştir [97–100]. 3-MCPD içeren gıdalarla uzun süreli beslenme ile farelerde renal ve testiküler tümör oluşumu gözlenmiştir [101].

Japon Gıda Güvenlik Komisyonu (Food Safety Commission of JAPAN:FSCJ) glisidol ve GE için yürüttüğü risk değerlendirmesi çalışmasında glisidolun DNA hasarını indüklemesi ve gen mutasyonlarına yol açması nedeniyle genotoksik bir karsinogen olabileceğini bildirmiştir [102].

2.3.3. 3-MCPD ve GE ile İlgili Yasal Düzenlemeler

3-MCPD ile ilgili ilk değerlendirme raporu 1994 yılında Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayınlanmıştır. 3-MCPD ile 2001 yılında güncellenen yeni bir rapor yayınlanmıştır. Bu raporda karsinogen olarak tanımlanan 3-MCPD bileşeninin soya sosları ve asitle hidrolize edilmiş sebze proteinlerinde iz miktarda bulunduğu

fakat bazı gıda gruplarında bu bileşiğin konsantrasyonunun artış gösterdiği ifade edilmiştir. Ek olarak raporda *in vivo* çalışmaların devam ettiği bildirilmiştir [103].

2004 yılında Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından çeşitli gıda ürünlerinde (soya sosları, hidrolize sebze proteinleri, süt ve süt ürünleri, bitkisel yağlar ve emülsiyonları, et ve et ürünleri, tahıl ve tahıl ürünleri gibi) 3-MCPD düzeylerinin yer aldığı kapsamlı bir rapor yayınlanmıştır. Yayınlanan raporda soya sosları 3-MCPD açısından en fazla risk taşıyan grup (yaklaşık 15 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Ham yağlardaki 3-MCPD düzeyinin ise 1.5 mg/kg'ı geçmediği belirtilmiştir [104].

EFSA, 2009 yılında yayınladığı raporda riskli ürün grupları için güncellenmiş 3-MCPD düzeylerine yer vermiştir [105]. 2013 yılında yayınlanan raporda ise 3-MCPD alımının en fazla 1.5 µg/kg vücut ağırlığı olduğu ve tolere edilebilir günlük alım limiti olan 2 µg/kg vücut ağırlığını geçmediği tespit edilmiştir [106].

Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi tarafından 2014 yılında yayınlanan raporda, bitkisel yağlarda 3-MCPD, 2-MCPD ve Glisidil esterlerinin önemli proses kontaminantları olduğu belirtilmiştir. Glisidil esterlerin toksisitesiyle ilgili yeterince bilgiye sahip olunmamasına rağmen gıdalarda miktarın azaltılmasının gerekli olduğu raporda bildirilmiştir. EFSA'nın 2015 yılında yayınladığı raporda, gıda ürünlerinde 3-MCPD miktarının belirlenmesinde kullanılacak analiz metotları değerlendirilerek en uygun metodun gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS) ile yapılan dolaylı analiz metodu olduğu belirtilmiştir [107].

EFSA tarafından 2016 yılında, 3-MCPD ve GE'nin oluşum mekanizmaları, kimyasal yapıları, farklı gıda gruplarında bulunma düzeyleri ve toksikolojik çalışmaların yer aldığı kapsamlı bir rapor yayınlanmıştır. 3-MCPD'nin yağların rafinasyonu esnasında deodorizasyon aşamasında oluştuğu vurgulanmıştır. Raporda, 13 farklı ülkeden elde edilen verilere göre en riskli grup hidrolize sebze proteinleri (yaklaşık 25 µg/kg 3-MCPD) olurken; bitkisel yağlar arasında 3-MCPD ve GE açısından en riskli grubun palm yağı (yaklaşık 2912 µg/kg 3-MCPD, 3955 µg/kg GE) olduğu belirtilmiştir. 3-MCPD için belirlenen tolere edilebilir günlük alım miktarının 2 µg/kg vücut ağırlığından 0.8 µg/kg vücut ağırlığına düşürülmesi gerektiği belirtilmiştir [92].

EFSA tarafından 2018 yılında yayınlanan son ve güncel raporda, tolere edilebilir günlük alım miktarı yeniden 2 µg/kg vücut ağırlığı olarak önerilmiştir. Avrupa Birliği (EU) mevzuatı güncellenerek son ürün olarak satışa hazır bitkisel yağlarda maximum GE değeri 1 mg/kg, bebek mamaları ve ilaç yapımında kullanılacak yağlarda ise bu limitin 0.5 mg/kg olmasına karar verilmiştir. Belirlenen bu limit değerlerinin yürürlüğe girmesi için verilen tarih 19.03.2018 olarak belirlenmiştir. Uygulamanın hayata geçirilmesi ve üreticilerin üretim sistemlerinin üretim yeni mevzuat limitlerine göre tekrar düzenlemesi için 19.09.2018'e kadar adaptasyon süresi ön görülmüştür [18]. 3- MCPD ve Glisidil Esterleri için limit değerler 1 Ocak 2021 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere Avrupa Birliği tarafından regüle edilmiştir. GE değeri 1 mg/kg iken satışa sunulan yağlarda 3-MCPD değeri 1.25 mg/kg, karışım yağlarda ise 2.5 mg/kg olarak belirlenmiştir [17].

2.3.4. Derin Yağda Kızartma İşleminde 3-MCPD ve Glisidol Esterleri Oluşumu

Kızartma işlemi esnasında yağ, su ve buhar varlığında 160 °C ila 200 °C gibi yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Bu da oksidatif, termal ve hidrolitik reaksiyonlar yoluyla çok sayıda yeni bileşiğin oluşmasına neden olmaktadır [34,108]. Kızartılmış gıdaların da fonksiyonel, duyuşsal ve besleyici değerlerinde ve ayrıca güvenliğinde değişikliklere neden olabilmektedir [109]. Kızartma işlemi esnasında uygulanan yağın kızartma sıcaklığı, kızartma sayısı, serbest yağ asitleri miktarı, doymamış yağ asitleri içeriği, metal içeriği yağın lezzet ve oksidatif stabilitesini etkilemektedir [34,110].

Derin yağda kızartma esnasında gerçekleşen en önemli reaksiyonlardan biri hidrolizdir. Kızartma yağında gerçekleşen hidroliz reaksiyonu, kızartılan yiyeceklerin içerdiği sudan etkilenmektedir. Kızartılan gıda ürünlerinin içerdiği su, yüksek sıcaklıkla beraber hızla kaynama noktasına ulaşır ve kızartma yağına katılan buhara dönüşür. Böylelikle triaçilgliseroller (TAG) kısmen serbest yağ asitlerine, diaçilgliserollere (DAG), monoaçilgliserollere (MAG) ve gliserole hidrolize edilmektedir [111]. Kızartma işlemi sırasında oluşan zararlı bileşikler arasında 3-MCPD esterleri ve trans yağ asitleri oluşumu da gözlenmektedir [112,113].

3-MCPD ve/veya GE, kızartma ortamı türü, kızartma yöntemleri, kızartma sıcaklığı, antioksidanlar ve katkı maddeleri, tuz emdirme, ürün morfolojik özellikleri

ve çeşitler, ön kızartma işlemleri, adsorban ve filtrasyon gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Aralık 2007’de Federal Alman Risk Değerlendirme Enstitüsü yemeklik yağlarda 3-MCPD ile ilgili sorunları ilk kez gündeme getirmiştir. Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü tarafından yapılan araştırmada, tüm rafine edilmiş bitkisel yağlarda ve termal olarak işlenmiş gıdalarda 3-MCPD’nin tespit edilebileceğini göstermiştir [114]. Rafine yağlar 3-MCPD ve GE bileşiklerini yüksek miktarda içerebilmektedir. Glisidol ayrıca 3-MCPD esterlerine dönüşebilir. Bu yüzden kızartılmış ürünler, bebek mamaları gibi ürünler veya işlem esnasında rafine yağ kullanılan gıdalar, yüksek miktarda 3-MCPD ve GE içerebilmektedirler [115].

Rafinasyon işlemleri uygulanarak elde edilen palm yağı, yıllar içinde 3-MCPDE ve GE ile ilişkili gıda güvenliği endişelerinin odak noktası haline gelmiştir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) Mayıs 2016’da rafine palm yağında bulunan önemli miktarda 3-MCPDE ve GE varlığı hakkında kapsamlı bir rapor yayınladığı zaman araştırmacılar tarafından daha da ilgi çekici hale gelmiştir [114].

Meyve yağlarından olan palm yağının tohum yağlarına kıyasla yüksek su içeriği nedeniyle hidrolize daha çok eğilimli olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda, hidroliz reaksiyonu ile trigliseritlerin parçalanarak mono- ve digliseritleri oluşturması ve meyvelerin yapısında bulunan klor iyonunun yağa geçmesi nedeniyle bu yağların rafinasyonu sırasında 3-MCPD oluşum riskinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir [86].

2.4. Antioksidanlar

Endüstride yağ ve yağ içeren gıdalarda oksidasyon hızının azaltılması, acılaştırmanın engellenmesi veya geciktirilmesi amacıyla çoğunlukla antioksidan özellik gösteren bileşiklerin kullanıldığı bilinmektedir [116].

Antioksidanlar, gıdalarda oluşan serbest radikallerin neden olduğu oksidasyonu önleyen, zincir kırıcı etkileriyle serbest radikallerin kimyasal reaksiyonlarını durdurma özelliğine sahip maddelerdir [117,118]. Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (CAC) antioksidan maddeleri “Gıdada yağın acılaştırması ve renk değişimleri gibi oksidasyon reaksiyonları sonucunda oluşan bozulmaları önleyerek raf ömrünü uzatan maddeler” olarak tanımlamaktadır [119]. Gıdaların bozulmasını önlemek amacıyla kullanılan bu bileşikler, radikaller ile hızlı bir şekilde tepkimeye girerek istenmeyen reaksiyon ürünlerinin (kötü koku ve lezzet) oluşumuna engel

olmaktadır [116,120]. Ayrıca çoklu doymamış yağ asitliği yüksek yağları oksidatif bozulmalardan korumaları çok büyük bir önem taşımaktadır [121]. Antioksidanlar, oluşan serbest radikallerin toksik etkilerine karşı hücreleri korumak ve vücudun onlardan etkilenmemesini de sağlamaktadırlar [122].

Oksidatif bozulmaları geciktirmek ve/veya engellemek ve saklama sürelerini uzatmak için kullanılan kimyasal bileşikler doğal ve yapay (sentetik) antioksidanlar olarak iki gruba ayrılmaktadırlar [123].

2.4.1. Doğal Antioksidanlar

Doğal antioksidanlar, ekzojen (dışarıdan besinlerle alınan) ya da endojen (organizma tarafından sentezlenen) yapılardır. Organizma tarafından sentezlenen antioksidan üretimi yaş ilerledikçe azalmaktadır. Uzmanlar tarafından bitkisel antioksidanların iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir. Bitkisel antioksidanların en önemli ana kaynağı meyve ve sebzelerdir [124]. Fenolik bileşikler doğal antioksidanların en önemli gruplarını oluştururlar. En yaygın antioksidatif etkileri ile öne çıkan başlıca bileşenler askorbik asit, flavonoidler, tokoferoller ve karotenoidlerdir [125,126]. Bitkisel kaynaklı antioksidanların aktif bileşenleri polifenolik bileşiklerdir. En etkili doğal antioksidanlar iki veya daha fazla polifenolik grup içermektedirler [127].

2.4.1.1. Polifenolik Bileşikler

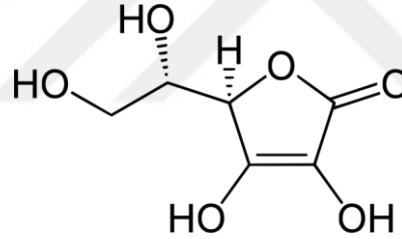
Bitkilerden elde edilen ve suda çözünen polifenolik bileşikler doğal antioksidanların en önemli grubunu oluşturmaktadırlar [125,128,129]. Polifenolik maddeler içerdikleri halka ve yapısal unsurlara göre isim almaktadır. Genellikle alkoller ve fenolik asitlerdeki gibi fenol halkasına sahiptirler. Polifenollerin ana grupları: fenolik asitler, flavonoidler, lignanlar, stilbenler (resveratol) ve taninlerdir [130]. Bitkisel kaynaklı olan fenolik bileşiklerin veya polifenollerin 8000'den fazla türü vardır [129]. Polifenolik bileşikler, serbest radikalleri yok edici ve indirgen olarak görev yaparlar. Bu bileşikler iki veya daha fazla grup halinde en etkili antioksidanların yapılarında bulunurlar [128]. Ek olarak polifenoller, fenoloksidaz enzimleriyle enzimatik renk esmerleşmesine sebebiyet veren önemli bir gruptur [124].

Fenolik asitler, aromatik karboksilik asitlerin hidroksi türevleridir. Aromatik zincirler üzerindeki hidroksil karbonların pozisyonları ve sayılarındaki değişiklikler nedeniyle yapı içerisinde farklılıklar gösterebilmektedirler [124,131]. Fenolik bileşikler, bitkisel kaynaklı besinlerde bulunan sekonder metabolitlerdir. Yüksek

oranda meyve ve sebzelerde bulunan bu bileşikler kendilerine özgü lezzet ve renk oluşumunu sağlamakta ve sağlık üzerinde olumlu etki yaratmaktadırlar [131,132]. Antioksidatif, antienflamatuvar, antimikrobiyal ve antiviral özelliklere sahip olan fenolik bileşikler vücutta oksidanlar ve antioksidanlar arasındaki dengenin korunmasında önemli bir role sahiptirler [133].

2.4.1.2. Vitamin C (Askorbik Asit)

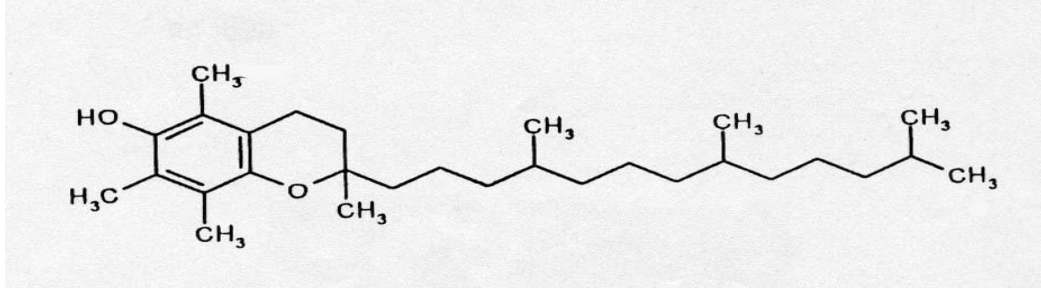
Askorbik asit, gıdalarda doğal olarak bulunan esas kaynağı çoğunlukla meyve ve sebzelerden oluşan çok önemli bir antioksidandır. Askorbik asit esansiyel bir besin ögesi olmasına ek olarak oksidanlar ve serbest radikaller ile reaksiyona girerek antioksidatif etki gösterirler [134,135]. C vitamini veya L- Askorbik asit birçok hücrel aktiviteye sahiptir ve hücre dışı sıvılarda en önemli antioksidandır [129]. Askorbik asit lipid oksidasyonuna farklı mekanizmalar ile etki etmektedir. Ayrıca daha az reaktif olan semidehidroaskorbat ve dehidroaskorbik asit (DHAA) radikaline dönüşerek oksijen ve karbon merkezli radikalleri indirgemektedir [136]. Şekil 2.7'de C vitamininin biyokimyasal yapısı gösterilmiştir [137].



Şekil 2.7. C Vitamininin biyokimyasal gösterimi [137].

2.4.1.3. Vitamin E (Tokoferol)

E vitamini dokularda bulunan ekzojen kaynaklı lipofilik bir antioksidandır ve kimyasal olarak tokoferol olarak adlandırılır [124]. Antioksidan potansiyeli yüksek olan E vitamini, sekiz stereoizomeri olan asimetrik bir bileşiktir. Bu formlar α , β , γ , δ tokoferol ve α , β , γ , δ tokotrienol olarak sınıflandırılmaktadır [138]. Şekil 2.8'de E vitamininin kimyasal yapısı gösterilmiştir [139].



Şekil 2.8. E vitamininin kimyasal yapısı [139].

E vitamininin en aktif formu α - tokoferoldür [140]. α -tokoferol serbest radikallerin hasarlarından hücre membranlarını korumaktadır [138]. Diğer antioksidanlar gibi ilk olarak kendilerini oksitleyerek diğer maddelerin oksitlenmesini engeller veya geciktirir. Yağların oksidasyonunda özellikle ilk aşamalarda fenolik bileşiklerle yarış halindedir [141]. Tokoferoller hidroperoksil radikaline bir hidrojen atomu vererek serbest radikal zincir reaksiyonunu kırar. Oluşan tokoferol radikali (TH) daha stabil olup zincir reaksiyonuna devam edemez. Peroksi radikalleri (ROO[•]), tokoferoller(TH₂) aşağıdaki mekanizma ile reaksiyona girmektedir [136].



2.4.1.4. Karotenoidler

Karotenoidler birçok meyve ve sebzeye karakteristik sarı, kırmızı ve turuncu renk veren, antioksidan etki sağlayan doğal pigmentlerdir. Karotenoidler kompleks yapılu bileşiklerdir ve kimyasal yapılarına göre iki ana gruba ayrılırlar [142,143]. Karotenoidler yapılarına göre hidrokarbon karotenoidler ve ksantofiller olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Apolar özellikteki hidrokarbon karotenoidlerin en önemli olanları; α -karoten, β -karoten ve likopendir. Ksantofiller, daha polar özellikte olup yapısında hidroksi, keto, metoksi, karboksi ve epoksi formunda oksijen içermektedirler [144].

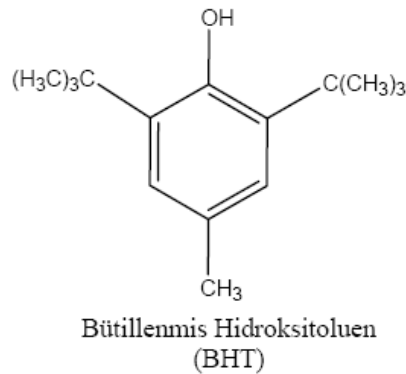
Karotenoidler, gıda renk maddesi olarak kullanımlarının yanı sıra β -karoten, A vitamini aktivitesi göstermekte olup klorofil kaynaklı fotooksidasyonu da engelleyici özelliktedir. β -karoten ışık ile kuvvetli bir peroksidasyon inhibitörüdür. Fakat sıcaklığın yükselmesi ile bu etki azalmaktadır. β -karoten, α -tokoferol ile sinerjistik antioksidan etki de göstermektedir [144,145].

2.4.2. Sentetik Antioksidanlar

Gıda sektöründe, işlenen gıda ürünlerinin raf ömürlerini uzatmak ve depolama süreçlerinde oksidatif bozulmaları önlemek amacıyla esas olarak ticari antioksidanlar kullanılmaktadır. Antioksidanlar gıda bozulmalarının asıl nedenlerinden biri olan lipid peroksidasyonunun sürecini geciktirmekte ve serbest radikal oluşumuna engel olmaktadır [146,147]. 1940'lı yıllardan itibaren yüzlerce yapay antioksidan madde sentezlenmesine rağmen, günümüzde az bir kısmı endüstriyel alanda kullanılmaktadır [148]. Sodyum eritorbat, gallatlar, eritorbik, butillendirilmiş hidroksianisol (BHA), butillendirilmiş hidroksitoluen (BHT) ve tersiyer butilhidrokinon (TBHQ) sentetik antioksidanlardır. BHA ve BHT gıda sektöründe çeşitli alanlarda kullanılan en yaygın sentetik antioksidanlardır [146,149]. Bu sentetik antioksidanlar oldukça etkin, ucuz ve stabil olmalarına rağmen istenilmeyen yan etkilerinden dolayı son zamanlarda kullanımları ciddi bir ölçüde sınırlandırılmıştır [125,129]. Sağlık yönünden riskleri ve toksisiteleri nedeniyle çeşitli kaynaklardan elde edilen doğal antioksidanlara duyulan önem giderek artmaktadır [150]. Tüketicilerin de genel olarak doğal antioksidanlara olan artan ilgisi, endüstriyi doğal antioksidan kaynakları aramaya yöneltmiştir [147].

2.4.2.1. Bütillenmiş hidroksitoluen (BHT)

Bütillenmiş hidroksitoluen (2,6-ditersiyer bütil-4-metil fenol); yağda çözünen, kristal ve beyaz renkli sentetik bir antioksidandır. Şekil 2.9'de BHT kimyasal yapısı gösterilmiştir. BHT zayıf bir aromatik kokuya sahip ya da kokusuzdur. BHT, 760 mm Hg basıncında, kaynama noktası 265 °C, erime noktası 69.70 °C'dir [148,151,152].

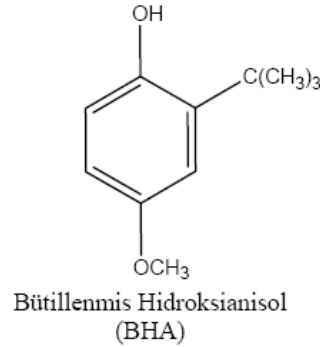


Şekil 2.9. BHT kimyasal yapısı [153].

BHT, gıda katkı maddesi olarak yaygın kullanılan fenolik bir antioksidandır. 1954'te Gıda ve İlaç İdaresi tarafından onaylandığından beri Amerika Birleşik Devletleri'nde gıda katkı maddesi olarak yaygın olarak kullanılan BHT, bir dizi kimyasal ve fiziksel ajanın toksisitesine karşı belirli ölçüde koruma sağladığı bilinmektedir [154,155]. Kızartma ve pişirme gibi işlemlerde tercih edilen BHT, ısıya dayanıklıdır ve ortamda daha fazla direnç göstererek gıdaya dayanıklılık sağlamaktadır [151,156]. BHT, zincir kıran bir antioksidan olarak sınıflandırılmakta ve oksidasyon sürecinin yayılma adımını önleyerek kararlı serbest radikallerin oluşmasını önlemektedir. Ayrıca lipid peroksidasyonunu inhibe etmektedir [155,157,158]. Ancak son yıllarda ortaya çıkan bulgular ve sağlık konusundaki endişeler bu sentetik katkıları yerine doğal kökenli antioksidanların (tokoferol, tokotrienol, polifenoller vb.) kullanımının daha avantajlı olabileceğini ortaya koymuştur [156].

2.4.2.2. Bütillenmiş hidroksianisol (BHA)

Bütillenmiş hidroksianizol (BHA), 2-tert-bütil-4-hidroksianizol (2-BHA) ve 3-tert-bütil-4-hidroksianizol (3-BHA)'ün izomerik karışımıdır ve beyaz mumsu parçacıklar halindedir [159–161]. BHA'nın kimyasal yapısı Şekil 2.10'de gösterilmiştir. BHA'nın erime noktası yaklaşık olarak 48-63°C'dir [162].



Şekil 2.10. BHA'nın kimyasal yapısı [153].

BHA, hayvansal ve bitkisel yağlarda çözülebilen fakat suda çözünemeyen fenolik antioksidandır. Yapısında bulunan hidroksil grubuna karşı orto- veya meta pozisyonunda yer alan tersiyer bütil grup nedeni ile 'engelleme fenol' adı verilmektedir [162–164].

1946 yılında Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından BHA'nın kullanımı onaylanmış, birkaç yıl içerisinde Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) ve dünyadaki

sanayileşmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [165]. Günümüzde pek çok ülkede gıda olarak tüketilen katı ve sıvı yağlarda kullanılmaktadır. BHA, kısa zincirli yağ asitlerinin oksidasyonunu önlediği gibi özellikle uçucu yağların renk, tat ve kokularının korunmasında etki göstermektedir [162,166].

2.4.2.3. BHA ve BHT ‘nin Sinerjik Kullanımı

1950’lerden beri kullanılan en yaygın iki sentetik antioksidan olan BHT ve BHA gıda sektöründe belirli miktarlarda kullanılmaktadır. Her iki antioksidanın tek başına olduğundan daha fazla antioksidan aktivite sağlamak için sinerjik olarak hareket etmektedir [167,168]. Bu yüzden birlikte kullanıldığı zaman birbirlerini tamamlayıcı etki göstermektedirler [169]. Esansiyel yağlara eklenen BHA özellikle tad ve renk üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bunun yanı sıra BHA kısa zincirli yağ asitlerinin (Örneğin; tahıl ve şekerleme ürünlerinde kullanılan hindistan cevizi ve palm çekirdeği yağları) oksidasyona karşı korunmasında etkilidir [170].

2.4.3. Çalışmada Antioksidan Amaçlı Kullanılan Doğal Ekstraktlar

2.4.3.1. Zeytin Yaprağı Ekstraktı

Zeytin yaprağı içerdiği başta oleuropein ve diğer fenolik bileşenlerin varlığı sebebiyle gösterdikleri yüksek antioksidan etkilerinden dolayı gıda ürünlerinde doğal antioksidan olarak kullanılabilir. Biyofenoller açısından zengin yapraklardan elde edilen ekstraktlar sağlıklı, güvenilir, ucuz, etkili ve alternatif bir antioksidan kaynağıdır [171,172]. Zeytin yaprağı ekstraktında bulunan fenolik bileşikler; basit fenolik bileşikler, sekoiridoidler, flavonoidler ve biyoaktif bileşikler olmak üzere dört ana grupta toplanmaktadır [173]. Zeytin ağacı yapraklarından kimyasal ekstraksiyon metodlarıyla elde edilen aktif bileşenlere sahip zeytin yaprağı ekstraktları yeşil renkte yaprak özütüdür. Zeytin yaprağında bulunan bileşikleri konsantre olarak içeren bu özüt, zeytin yaprağı ile kıyaslandığında 1 g yaprak yaklaşık %5 oleuropein içerirken, bu oran zeytin yaprağı ekstraktında %20’ye ulaşmaktadır [174]. Yapılan çalışmalarda içeriğindeki fenolik bileşiklerin antioksidan ajanlar olarak hareket ettikleri ve lipid oksidasyonu gibi serbest radikallerin reaksiyonlarını katalize etmedeki etkileri sebebiyle serbest radikallerin oluşumunu engelledikleri gösterilmiştir [172].

2.4.3.2. Isırgan Otu Ekstraktı

Isırgan otu olarak bilinen "*Urtica dioica L.*" yi de içeren çeşitli fonksiyonel özellikli doğal bitkiler ve bu bitkilerden elde edilen ekstraktlar günümüzde yaygın olarak farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Kimyasal bileşim bakımından zengin bir bitki

olan ısırgan otu, antioksidan ve antimikrobiyal özellikli bileşikler sebebiyle önemli bir bitki türüdür [175]. Urticaceae, polifenollerin önemli kaynaklarından biridir [176].

Yapılan çalışmalarda ısırgan otu ekstraktının, primer antioksidanlar gibi serbest radikallere karşı serbest radikal inhibitör görevi yaptığı gösterilmiştir. Isırgan otunun belirgin indirgeme kapasitesinin olduğu görülmüştür [177]. Linoleik asit peroksidasyonunda ısırgan otu ekstraktlarının α -tokoferole tercih edilmesi daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan çalışmalarda ısırgan otunun lipid peroksidasyonunu durdurduğu belirtilmiştir [178].

Antioksidan etkileri sebebiyle önem taşıyan flavanoidler (isorhametin, kaempferol ve kuarsetin), kafeik asit, formik asit, malik asit, kafeomalik asit gibi fenolik bileşikler bulunmaktadır. İçeriğinde demir, çinko, kalsiyum, fosfor, potasyum gibi minerallerle A, B, C, K vitaminlerini de iyer almaktadır [179]. Isırgan otu E vitamini ile birlikte sinerjik etki göstermekte ve çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonunu önlemektedir [180].

2.5. Literatür Özeti

Damanik ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada patateslere, palm yağı kullanılarak fritözde 180°C sıcaklıkta ve 7.5 dakikalık sürede 25 kez kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma öncesi peroksit değeri 5.24 meqO₂/kg iken, 11. kızartma sonrası 10.99 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. 25. kızartma sonrasında ise 17.48 meqO₂ /kg ile en yüksek değer elde edilmiştir. SNI 3741-2013 standartlarına göre yemeklik yağdaki standart peroksit sayısının 10 meqO₂/kg olduğunu bu yüzden de 11 kez kızartmanın uygun olabileceğini yaptıkları çalışmada belirtmişlerdir. Kızartma işlemi uygulanmadan önce serbest yağ asitliği 0.16 mg KOH/g iken kızartma işleminin sonunda 0.92 mg KOH/g olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak tekrarlı kızartma ile peroksit sayısının arttığını, bu artışın yüksek sıcaklıkta oksitlenmiş yağdan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Tekrarlı kızartma ile beraber trigliseritlerin yağ asitlerine ve gliserollere parçalandığını böylelikle serbest yağ asidi miktarının arttığını rapor etmişlerdir [181].

Zhang ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, palm yağında 3-MCPD ve GE oluşumuna kızartma sıcaklığı, kızartma sayısı ve gıda türlerinin (patates cipsi ve tavuk göğsü) etkileri irdelenmiştir. Kızartılacak patates numuneleri ve tavuk göğüsleri belirlenen oranlarda kesilip ardından %0 ve %2 NaCl solüsyonlarında 1 saat bekletilerek ön işleme tabi tutulmuştur. Fritöze konulan palm yağı içerisinde 160, 180,

200 ve 220 °C'ye karşılık gelen sıcaklıklarda sırasıyla 2, 1.5, 1 ve 1 dakika olmak üzere ön işleme tabi tutulmuş numuneler 100 g olacak şekilde günde 8 defa kızartılmış ve 3 gün boyunca aynı işlem devam etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre NaCl içeren veya içermeyen tavuk göğsü ve patates cipslerinin palm oleindeki GE değerleri azalış göstermiştir. 3-MCPDE'nin ise tavuk göğsünde patates cipsinden daha kolay oluştuğu tespit edilmiştir. Kızartma sıcaklığının etkisi GE'nin bozulmasında pozitif bir etki gösterirken, 3-MCPDE'nin oluşumu üzerinde çift yönlü bir etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir [182].

Bansal ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, farklı gıda ürünleri (tavuk kanadı ve patates) kızartılarak palm yağının (RBD) kızartma performansı irdelenmiştir. Tavuk kanadı ve patates numunelerine 180-185 °C'de belirlenen dakika ve aralıklar ile günde 10 defa kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işlemi 4 gün boyunca devam etmiştir. Kızartma işlemi boyunca toplam toplam madde miktarları irdelendiğinde patates ve tavuk kanadı kızartılan yağ numunesinin başlangıç toplam polar madde miktarı 8.93 iken son kızartmadan sonra elde edilen toplam polar madde miktarları sırasıyla 31.81 ve 22. 61 olarak tespit edilmiştir. Kızartma yağının yağ asitlerine bakıldığında ise kızartma döngülerinin sayısı ile doğrusal olarak palmitik asit (32.57 ± 0.13 g/100 g) içeriği artış göstermiş ve linoleik asit içeriği azalmıştır. Oleik asitte (42.47 ± 0.98 g/100 g) ise önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir. Patates kızartması ve tavuk kanadı kızartma işleminden elde edilen farklı sonuçlar, derin kızartma sırasında yağ ve gıda arasındaki etkileşimlerin yağların kalite özellikleri üzerine önemli bir rol oynadığını göstermiştir [183].

Xu ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, kızartma işleminde soya yağı kullanılarak 3-MCPDE ve GE değişimleri incelenmiştir. Derin yağda kızartma işleminde patatesler 190 °C'de 3.5 dakika kızartılmıştır. Ardından 30 dakika bekleme süresi ile bir döngü tamamlanmıştır. Günde 8 döngü gerçekleştirilmiş ve kızartma işlemi herhangi bir yağ ilavesi olmadan 5 gün boyunca devam etmiştir. İlk iki gün kızartma yağındaki 3-MCPDE içeriği %71.2 azalırken, GE istikrarlı bir biçimde artış göstermiştir. Yapılan çalışmada kızartma yağındaki toplam polar madde miktarı %8.5 değer ile başlayıp birinci gün sonu en yüksek artış (2.2 kat) gözlenmiş ve ikinci gün sonu %25.2 ile sınır değeri geçtiği bildirilmiştir. 4. Gün sonu ise toplam polar madde miktarının %40'ı aştığı rapor edilmiştir [184].

Ceylan ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada derin kızartmanın yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi irdelenmiştir. Palm olein yağına 1.000-1.500 ppm düzeyinde uçkun, kinoa ve propolis ekstraktları ve 200 ppm BHT ayrı ayrı ilave edilmiştir. 1 gün süren kızartma işleminde belirli boyutlarda kesilen patates numuneleri 180 °C'de 6-7 dakika kızartılarak 12 defa kızartma işlemi uygulanmıştır. Palm oleinin serbest yağ asitliği değeri başta % 0,61 mg KOH/g iken son numune % 0.96 mg KOH/g olarak bulunmuştur. BHT eklenen palm olein numunesi için sırasıyla % 0.39 ve % 0.59 mg KOH/g değerleri elde edilmiştir. Peroksit değerleri palm olein için 2.54 - 11.08 meqO₂/kg iken BHT eklenen palm olein numunesi 1.45 – 6.64 meqO₂/kg aralığında değişim göstermiştir. Toplam polar madde değişimleri incelendiğinde ise palm oleinde %9 ila %13.25 arasında değişim gösterirken BHT ilave edilen palm oleinde %9.25 ila %12 aralığında değişim gösterdiği rapor edilmiştir [185].

Yang ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada palm olein yağına çeşitli doğal antioksidanlar (hindistan ceviz, sedir ağacı, karanfil, sitronella ve biberiye yağı) eklenerek kızartma performansı incelenmiştir. Kızartma işlemi 180 °C'de belirli aralıklar ile 15 defa gerçekleştirilmiş ve 5 gün boyunca devam etmiştir. Palm olein yağının peroksit değerleri 1.62-21.20 meqO₂ /kg aralığında değişim gösterirken hindistan cevizi yağı ilaveli palm yağının 1.58- 14.89 meqO₂ /kg aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hindistan cevizi yağı içeren numuneler en yüksek oksidasyon kararlılığını sergilemiş, potansiyel olarak doğal antioksidan kaynağı olarak kabul edilebileceğini bildirmişlerdir [186].

Wong ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada kızartma sıcaklığı, kızartma süresi ve farklı sodyum klorür konsantrasyonlarının palm yağındaki 3- MCPD ve GE oluşumuna etkisi incelenmiştir. Patates cipsleri farklı konsantrasyonlarda (% 0, % 1, % 3 ve % 5 NaCl) 100 dakika boyunca bekletilmiştir. 3-MCPD esterlerinin başlangıç konsantrasyonu 3,02 ± 0,08 ppm olmasına rağmen 10 dakikalık ısıtmadan sonra, hem de 160°C ve 180°C'lik kızartma işlemleri için 3-MCPD içerikleri sırasıyla 3.27 ve 3.53 ppm olarak tespit edilmiştir. Genel olarak sonuçlar incelendiğinde 3-MCPD esterlerindeki eğilim miktarı, kızartma döngüsü arttığında azalmıştır. GE miktarının ise artan kızartma sayısı ile artış gösterdiği bildirilmiştir [187].

Aniołowska ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada patates cipsi kullanılarak kızartma sıcaklığından etkilenen palm yağındaki GE değişimi

incelenmiştir. Patates numuneleri 150, 165 ve 180 °C sıcaklıkta günde 8 saat belirli aralıklar ile kızartılmıştır. Kızartma işlemi 5 gün boyunca devam etmiştir. Sonuçlar incelendiğinde GE'nin en yüksek bozunma seviyesi 180°C'de %87 olarak tespit edilirken, en düşük bozunma seviyesinin %67'lik bir oranla 150°C'de elde edildiği bildirilmiştir. 180°C'de elde edilen yağlarda toplam GE miktarının 5.04 ila 38.95 mg/kg aralığında değiştiği bildirilmiştir. Kızartma sıcaklığı ile değişim oranının arttığı ve kızartma koşullarında yağda bulunan GE'lerin destabilizasyona uğradığı gösterilmiştir. Sonuçlara göre bu bileşik grubunun kızartma koşullarında kararsızlığı ortaya konmuştur [12].

Hammouda ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kızartma işlemi belli oranlarda rafine zeytinyağı ve palm yağı karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. 175 °C'de dondurulmuş patatesler 5 dakika boyunca kızartılmış ve 4., 8., 12. ve 16. saatlerde yağ numuneleri analiz için toplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde palm yağının ilk 3-MCPD ve GE değerleri sırasıyla 1.30 ve 4.00 mg/kg iken karışım yağlar ile beraber 16 saat sonra 3-MCPD değerleri 0.50-0.90 mg/kg aralığında elde edilmiştir. 16. saatten sonra GE değerlerinde 0.20- 0.50 mg/kg aralığında ciddi bir düşüş ($p < 0,05$) gözlemlendiği rapor edilmiştir [188].

Wong ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, palm olein yağına doğal (biberiye, adaçayı özütü) ve yapay (BHA, BHT, TBHQ) antioksidanlar ilave edilerek kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işleminde patates numuneleri 180°C'de, 2.5 dakika belirli aralıklar ile günde 5 defa kızartılmıştır. Kızartma işlemi 3 gün boyunca aynı yağ ile devam etmiştir. Sonuçlara bakıldığında ise artan kızartma döngüsü ile 3-MCPD miktarının azaldığı belirtilmiştir. TBHQ ve oleoresin biberiye eklenmiş yağ numuneleri, diğerlerine göre önemli ölçüde daha düşük miktarda 3-MCPD esterine sahiptir. GE sonuçlarına bakıldığında ise en büyük azalış %32.88 ile TBHQ 'da olmuş iken en az azalışın %23.49 ile BHT eklenen yağ numunelerinde elde edildiği bildirilmiştir [5].

Ceylan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada rafine fındık yağına propolis, kinoa tohumu, uşkun ekstraktları ilave edilerek kızartma işlemi uygulanmış, 3-MCPD ve GE miktarları incelenmiştir. Belli boyutlarda kesilen patates numuneleri 250 gram olacak şekilde 180°C'de ve günde 4 defa kızartılarak gerçekleştirilmiştir. 3 gün boyunca kızartma işlemi uygulanmış toplamda 12 numune elde edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde genel olarak 3-MCPD esterlerinde artış gözlenmiştir. Kızartma öncesi 1.443–1.584 mg/kg aralığında olan 3-MCPD miktarı, 12. kızartmadan sonra 4.488-5.114 mg/kg olarak tespit edilmiştir. En yüksek 3-MCPD değeri uçkun ekstraktlı yağ numunesinde 5.114 mg/kg ile elde edilirken en düşük 3-MCPD değeri BHT ilaveli yağ numunesinde elde edilmiştir. GE miktarları incelendiğinde ise başlangıçta 0.646-0.768 mg/kg aralığında iken 12. kızartma işleminin sonunda 0.967-1.289 mg/kg'a yükselmiştir. 12. Kızartma sonrası en yüksek GE değeri 1.289 mg/kg ile uçkun ekstraktlı yağ numunesinde elde edilirken, en düşük GE değeri BHT eklenen yağ numunesinde tespit edilmiştir [189].

Belkova ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, 165°C derin yağda kızartma ve 125°C'de vakum kızartma işlemleri uygulanarak yağlarda meydana gelen 3-MCPD ester oluşumları incelenmiştir. Kızartma işlemleri kolza yağında patates örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı sürelerde kızartma işlemi uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre 3-MCPD ester miktarının kızartma boyunca azalış gösterdiği rapor edilmiştir. Kolza yağının başlangıç 3-MCPD esterlerinin miktarı 0.445 mg/kg iken, derin kızartma işleminin sonucunda 0.195 mg/kg, vakumla kızartma sonucunda ise 0.295 mg/kg düzeylerinde tespit edildiği bildirilmiştir [190].

Yıldırım ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, ayçiçek yağına kızartma işleminde doğal antioksidan olan biberiye ekstraktı eklenerek 3-MCPD ve GE değerindeki değişim incelenmiştir. Farklı oranlarda sodyum klorüre daldırılarak hazırlanan patates numuneleri farklı oranlarda (0, 500, 1000 ve 2000 mg/kg) biberiye özütü ilave edilen kızartma yağında 180°C'de 3 dakika kızartılmıştır. Toplamda 16 kızartma yapılmıştır. Bu çalışmada ilk olarak kızartma işlemi öncesi patates örnekleri farklı oranlarda sodyum klorüre daldırılarak 1 saat boyunca bekletilmesinin ardından kızartma işlemi uygulanmıştır. Bu kızartma işleminden sonra 2000 mg/kg biberiye özütü kızartma yağına eklenerek tekrar kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Genel olarak sonuçlar incelendiğinde ayçiçek yağının başlangıç 3-MCPD değeri 0.59 iken 24. saat sonrası 0.82 mg/kg'a yükselmiş ve GE değerleri sırasıyla 0.37- 0.20 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Biberiye ekstraktı ilave edilen yağ numunelerinin 3-MCPD değeri 24. saat sonrası 0.20 mg/kg iken GE değeri 0.07 mg/kg olarak belirlenmiştir [191].

Ceylan (2020) tarafından yapılan çalışmada çeşitli yağ örneklerine 180 °C 'de kızartma işlemi uygulanmış ve 3-MCPD/GE değişimi incelenmiştir. Kızartma işlemi uygulanmadan önce doğal antioksidan kaynağı olarak kinoa, uşkun ve propolis ekstraktları ilave edilmiştir. Yapay antioksidan kaynağı olarak ise BHT kullanılarak kızartma işlemi uygulanmıştır. Ticari kızartma yağı, palm olein, fındık yağı ve farklı oranlarda palm olein ve fındık yağlarının paçallanmasıyla günde belirli aralıklar ile 4 defa 3 gün boyunca kızartma işlemi yapılmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde palm oleinin başlangıç değeri 2.24 mg/kg iken 12. kızartma değeri 9.00 mg/kg olarak tespit edilmiştir. GE değişimi incelendiğinde ise 4. kızartmadan sonra hızlı bir artış eğilimi göstermiştir. Antioksidan içermeyen palm yağı ve ticari kızartma yağlarında daha yüksek GE oluşumu gözlemlenmiştir. 12. Kızartma sonrası GE miktarı palm olein yağı örneklerinde (sırasıyla palm+BHT, palm+ kinoa ekstraktı) 6.32-9.56 mg/kg aralığında, palm, palm + uşkun ekstraktı ve ticari yağ örneklerinde ise sırasıyla 12.82, 13.03 ve 12.93 mg/kg değerlerinde rapor edilmiştir [192].

Zelinkova ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada kızartma işlemi farklı sıcaklıklarda ve belirli aralıklar ile gerçekleştirilmiştir. Patates numuneleri 158°C ve 170°C'de 2 dakika, 180°C'de 3 dakika olmak üzere palm yağında kızartılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde patateslerde 3-MCPD miktarı 27-64 µg/kg, 180°C'de 3 dakika gerçekleştirilen kızartma işlemleri sonrası patateslerde 100–258 µg/kg ve patates cipslerinde 229-1008 µg/kg olarak tespit edilmiştir. 3-MCPD'nin ana kaynağının kızartma yağı olduğu bildirilmiştir [193].

Zhou ve ark. (2014) tarafından yapılan diğer bir çalışmada farklı kızartma koşullarının 3-MCPD esterlerinin oluşumuna etkisi incelenmiştir. Derin yağda kızartma işlemi 1 ile 4 saat arasında, kızartma sıcaklığı ise 100 ile 200 °C arasında değişmektedir. Kızartma yağı olarak palm yağı kullanılmıştır. Su içeriğinin etkisini incelemek adına %1, %5, %7 ve %10 su içeriğine sahip yağlar kullanılırken, NaCl'nin etkisini belirlemek için %1 ve %10'luk NaCl içeriğine sahip yağlar kullanılmıştır. Sıcaklığın 3-MCPD esterleri üzerindeki etkisi incelendiğinde %5 NaCl ve %15 su içeriğine sahip olan yağlarda en yüksek 3-MCPD değeri 3. saatte gözlemlenmiştir. 1 ve 4. saatlerde ise sonuçların en düşük seviyelerde ve yakın değerlere sahip olduğu bildirilmiştir. Su içeriğine bakıldığında 160°C'de %5 NaCl içeriğine sahip yağlar kızartıldığında en yüksek 3-MCPD esterlerinin oluşumu % 10 su içeriğine sahip yağda kızartmanın 2. saatinde elde edilmiştir. En düşük değer %1'lik su içeriğine sahip yağda

1. saatte gözlemlenmiştir. Son olarak NaCl içeriğinin etkisi irdelendiğinde 4 saatlik kızartma süresi boyunca en çok 3-MCPD esteri oluşumu 2. saatte %1 NaCl varlığında tespit edildiği bildirilmiştir [194].

Şirinyıldız (2019) farklı süre ve sıcaklıklardaki kızartma işlemi sonrası 3-MCPD ve GE içeriklerinin değişimini incelemiştir. Çalışmada beş farklı yemeklik yağ (ayçiçek, mısır, margarin, fındık, natürel zeytinyağı) 160°C, 180°C ve 200°C sıcaklıklarda 5, 10 ve 15 dakika süreyle kızartma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 1.79 mg/kg ile en yüksek 3-MCPD içeriği 180°C’de 5 dakika kızartma işlemi uygulanan margarinde tespit edilmiştir. Diğer yemeklik yağlardaki en yüksek 3-MCPD değeri 200°C’de 15 dakika kızartılmış mısır yağında 0,64 mg/kg olarak tespit edilmiştir. GE miktarı incelendiğinde ise elde edilen sonuçlara göre en yüksek GE içeriği margarinde 0.54-0.73 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Margarin hariç en yüksek GE miktarı 160°C’de 15 dakika ve 200°C’de 5 ile 10 dakika kızartılan fındık yağında 0.14 mg/kg olarak tespit edilmiştir [195].

Kalkan ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada farklı kızartma koşullarının (sıcaklık, süre ve tuzluluk) 3-MCPD ve GE oluşumu üzerindeki etkisini incelemiştir. Kızartma öncesi ayçiçek yağının içeriğinde bulunmayan 3-MCPD ve GE’lerin kızartma işlemi ile toplam 3-MCPD ve 2-MCPD oluşumu üzerinde önemli etkilerinin olduğu görülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde GE oluşumu için en önemli faktörün tuz miktarı olduğu rapor edilmiştir [196].

2.6. Tezin Amacı

Bu çalışmada palm olein yağına yapay (BHT, BHT+BHA) ve doğal (zeytin yaprağı ve ısırgan otu ekstraktı) antioksidan eklenerek, tekrarlı kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma yağlarında renk, serbest yağ asitliği, toplam polar madde miktarı, yağ asidi kompozisyonu, DPPH antioksidan aktivite tespit edilmiştir. Ayrıca, peroksit, konjuge dien, *p*-anisidin, ransimat, totoks değerleri ölçülerek doğal ve yapay antioksidanların oksidatif stabiliteye olan etkileri de ortaya konmuştur. Yapılan bu çalışmada kızartma süresinin ve ilave edilen antioksidan çeşidinin 3-MCPD ve GE üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda yapay antioksidan kullanımına alternatif olarak doğal antioksidan kullanılabilme ihtimalini ortaya konulması hedeflenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Bu çalışmada kızartmalık yağ olarak Küçükbay Yağ ve Deterjan Sanayi A.Ş.'den temin edilen 40L palm olein yağı kullanılmıştır. Yapay antioksidanlardan BHT ve BHA aynı işletmeden temin edilmiş, doğal antioksidan olarak da (Şekil 3.1) kurutulmuş zeytin yaprağı ve ısırgan otu bitkisel hammadde satan yerel marketlerden satın alınmıştır. Kızartma işlemi sırasında kullanılacak olan donmuş patatesler *Özgörkey Otomotiv Turizm Gıda San.ve Tic. A.Ş.*'den temin edilmiştir ve kızartma işlemi uygulanıncaya kadar -18 °C'de depolanmıştır.

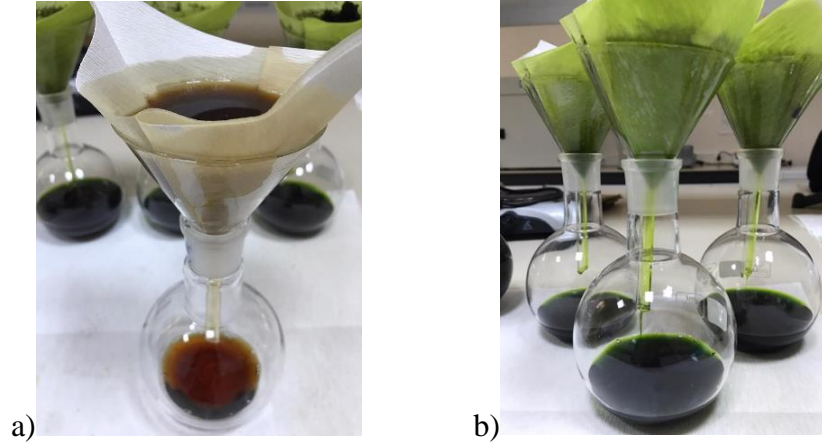


Şekil 3.1. Kurutulmuş zeytin yaprağı ve ısırgan otu

3.2. Yöntem

3.2.1. Zeytin Yaprağı ve ısırgan Otu Ekstraktlarının Elde Edilmesi

Zeytin yaprağı ve ısırgan otu ekstraktları liyofilizasyon (dondurarak kurutma) yöntemiyle elde edilmiştir. 100 g kuru numuneye, 1:10 oranda etanol-su (%70) ilave edilmiştir. Çalkalamalı inkübatörde 2 saat oda sıcaklığında 120 rpm'de karıştırılmıştır. Ardından süzülüp rotary evaporatörde 120 rpm'de 38 °C'de etanol uçurulmuştur [197]. Süzülen ekstraktlar Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. a) Süzülen zeytin yaprağı ve b) ısırgan otu ekstraktları

Rotary evaporatörde tamamen uçurulan ekstraktlar petri kaplarına aktarılıp ardından $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de liyofilizasyon işlemi gerçekleşinceye kadar depolanmıştır. Şekil 3.3 'de petri kaplarına aktarılan ekstraktlar gösterilmiştir.

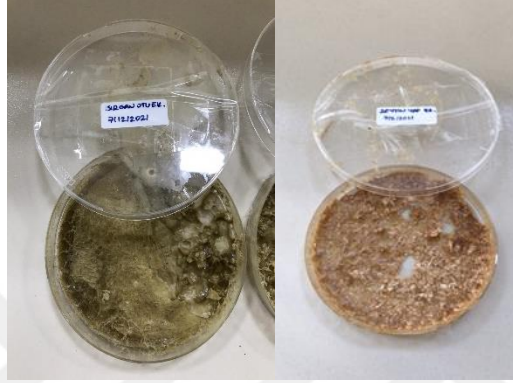


Şekil 3.3. Petri kaplarına aktarılan zeytin yaprağı ve ısırgan otu ekstraktları

Dondurulan numuneler liyofilizasyon cihazına konulup kuruyana kadar bekletilmiş ve katı ekstraktlar elde edilmiştir. Ekstraktlar, koyu renkli, kapaklı cam şişelere aktarılarak kızartma işlemine kadar $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Şekil 3.4 a'da liyofilize edilen ekstraktlar ve b'de elde edilen ekstraktların son hali gösterilmiştir.



a)



b)

Şekil 3.4. a)Liyofilizasyona konulan ekstraktlar ve b)Elde edilen ekstraktlar

3.2.2. Kızartma İşlemi

Kızartma işlemi, fritözde (Işıkgaz Silver, 4L) dondurulmuş patates kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). 4L palm olein yağı fritöze eklendikten sonra yağın sıcaklığı 180°C'ye ulaşınca kızartma işlemi uygulanmıştır. 4 farklı antioksidan ilave edilerek kontrol grubu dahil olmak üzere 5 farklı yağda kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. 180°C'de gerçekleşen kızartma işlemi günde 30 dk aralıklar ile 16 kere uygulanmış ve 3 gün boyunca aynı yağda devam etmiştir. Tablo 3. 1.'de kızartma yağlarına ilave edilen antioksidanlar ve miktarları gösterilmiştir. Her kızartma işlemi 100 gram dondurulmuş patates kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Patates numuneleri 2.5 dakika kızartılmıştır. Kızartma işlemi boyunca yağ ilavesi olmamıştır. 4'er kızartmada bir fritözün içerisinden alınan yağ numuneleri koyu renkli, kapaklı 100'er ml'lik cam şişelere aktarılarak analizler gerçekleştirilene kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Kızartma işlemi 2 tekerrür şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.1. Kızartma yağlarına ilave edilen antioksidanlar

Antioksidanlar	İlave Edilen Miktar (ppm)
BHT	100
BHT+BHA (1:1)	100
Zeytin yaprağı ekstraktı	800
Isırgan otu ekstraktı	800



Şekil 3.5. Kızartma işleminin yapıldığı fritöz (Işıkgaz Silver, 4L) ve kızartılan patates numuneleri

3.2.3. Yapılan Analizler

3.2.3.1. Renk Değeri Tayini

Kızartma işlemine tabi tutulan yağların RYB (kırmızı-sarı-mavi) renk değerleri, 5.25" bir hücre kullanılarak Lovibond PFX880-Tintometre cihazında ölçülmüştür.

3.2.3.2. Serbest Yağ Asitliği

Kızartma yağlarının kalitesinin göstergesi serbest yağ asidi miktarıdır. Bu sebeple serbest yağ asitliğinin içeriğinin kabul edilebilir aralıkta tutulması yağların hidroliz reaksiyonunu önlemede rol oynamaktadır. Analiz AOCS Ca 5a-40 metoduna göre gerçekleştirilmiştir [198].

2.5 g yağ örneği erlene tartılmış, 25 mL etil alkol/dietileter karışımı (1:1; v/v) içerisine eklenmiştir. İçerisine 2-3 damla fenolftaleyn indikatörü damlatılmış ve 0.1 N etanollü potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi ile kalıcı pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Kör çözelti için de aynı işlemler yapılmıştır. Yağların serbest yağ asitliği miktarı (% oleik asit cinsinden) denklem 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Serbest yağ asidi, oleik asit} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 28,2}{m(g)} \quad (3.1)$$

V_1 : Örneğin Titrasyonda harcanan etanollü KOH çözeltisinin miktarı (mL)

V_0 : Kör (sahit) için harcanan etanollü KOH çözeltisinin miktarı (mL)

N : Etanollü KOH normalitesi (0.1 N)

m : Tartılan örnek ağırlığı (g)

3.2.3.3. Peroksit Sayısı

Yağdaki peroksit miktarı oksidasyon sonucu oluşan hidroperoksitlerin doğrudan ölçümüne dayanmaktadır. Yağ örneklerinin peroksit değerleri AOCS (Cd 8b-90) Standart Metodu kullanılarak belirlenmiştir [199].

Yağ örneği 0.3 g kapalı erlene tartılmış, 10 mL asetik asit/kloroform çözeltisi (3:2) içerisinde çözündürülmüştür. Daha sonra yağ üzerine 0.5 mL doymuş potasyum iyodür çözeltisi ilave edilmiş ve 1 dk boyunca karıştırılmıştır. Ardından 5 dk karanlık ortamda bekletilmiş, erlene 10 mL saf su ve 0.5 mL nişasta çözeltisi (%1, w/v) ilave edilmiştir. Çözelti 0,002 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile mavi renk kaybolana kadar titre edilmiştir. Peroksit değeri denklem 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Peroksit Sayısı (meq } O_2 / \text{kg yağ)} = \frac{[(S-B) \times N \times 1000]}{M} \quad (3.2)$$

S :Örneğin Titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin miktarı (mL)

B : Kör (sahit) için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin miktarı (mL)

N : Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

M : Tartılan örnek miktarı (g)

3.2.3.4. Konjuge Dien Değeri

Konjuge dien değeri AOCS yöntemi (Ti 1a-64) kullanılarak belirlenmiştir [200]. 125 mg yağ örneği 25 mL hacimli balon jøjeye tartılmıştır ve üzerine spektrofotometrik saflıktaki izooktan balon jöjenin çizgisine kadar ilave edilmiştir. Ardından balon jöje 15 dakika oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Son olarak çözeltinin absorbansı Spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1601) izooktana karşı 234 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Konjuge-dien değeri denklem 3.3 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Konjuge – dien değeri (\%)} = \frac{0.84 \times (A_s - K_0)}{b \times c} \quad (3.3)$$

A_s = örneğin absorbansı

K_o = ester grupları için düzeltme katsayısı (0.07)

b = küvet uzunluğu (1 cm)

c = örnek konsantrasyonu (g/L)

3.2.3.5. P-Anisidin Değeri

P-anisidin değeri yağlarda oluşan ikincil oksidasyon ürünleri hakkında bilgi vermektedir. Yağların *p*-anisidin değerleri, Tontul ve Topuz (2013) tarafından değiştirilen resmi AOCS yöntemi (Cd 18–90) kullanılarak belirlenmiştir [201]. 10 mL balon jöje içerisine 0.3 g yağ örneği tartılmış ve spektrofotometrik *n*-hekzan balon jöjenin çizgisine kadar ilave edilmiştir. Bu çözeltinin absorbansı (A_b) spektrofotometrede *n*-hekzana karşı 350 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Ardından, bir deney tüpüne bu çözeltiden 5 mL alınmış ve üzerine 1 mL *p*-anisidin çözeltisi (glasiyal asetik asit içerisinde %0.25'lik; w/v) eklenmiştir. Aynı esnada başka bir deney tüpüne 5 mL *n*-hekzan ve üzerine 1 mL *p*-anisidin çözeltisi ilave edilmiştir. Deney tüpleri kapakları kapatılarak karıştırılmış ve oda sıcaklığında karanlıkta 10 dk bekletilmiştir. Süre sonunda 1. tüpte yer alan yağlı çözeltinin (A_s) 2. deney tüpünde hazırlanan *n*-hekzanlı ve *p*-anisidinli kör çözeltiliye karşı Spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1601) 350 nm'de absorbansı ölçülmüştür. P-anisidin değeri denklem 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$p - anisidin\ değeri = \frac{25 \times (1.2 \times A_s - A_b)}{W} \quad (3.4)$$

A_s : son absorbans

A_b : ilk absorbans

W : örnek miktarı (g)

3.2.3.6. Totox (Toplam oksidasyon) Değeri

TOTOX, peroksit ve *p*-AV değerleri kullanılarak hesaplanmakta ve oksidasyon düzeyleri hakkında daha doğru bilgi vermektedir. Toplam oksidasyon değerinin hesaplanmasında Gracka ve ark. (2017) 'nın uyguladığı aşağıdaki denklem 3.5 kullanılmıştır:

$$Totox\ Değeri = 2 \times (peroksit\ değeri) + (p - anisin\ değeri) \quad (3.5) \quad [202].$$

3.2.3.7. Toplam Polar Madde Miktarının Belirlenmesi

Tekrarlı kızartma işlemleri sırasında yağ örneklerinin toplam polar madde miktarı, Testo (270) kızartma yağı test cihazı kullanılarak her 4 kızartmadan sonra gerçekleştirilmiştir. Cihaz kızartma yağına daldırılarak toplam polar madde miktarı cihaz üzerindeki göstergeden okunmuştur.

3.2.3.8. Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

Yağ asidi metil esterleri AOCS Ce 2-66 standardına göre hazırlanmıştır [203]. 0.1 g yağ örneği santrifüj tüplerine tartılarak üzerine 0.5 mL 2N etanollü KOH çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından 2.5 mL kromatografik saflıkta *n*-hekzan ilave edilerek 1 dk boyunca vortekste karıştırılmıştır. 6000 devir/10 dk boyunca santrifüj edildikten sonra üstteki yağ asidi metil esterleri fazı pipet yardımıyla alınarak Gaz Kromatografisi viallerine aktarılmıştır. Gaz Kromatografisi cihazının özellikleri ve analiz şartları aşağıda verilmiştir:

GC kromatogram marka ve modeli : Agilent 6890N serisi

Kolon : SP-2380 fused silika kapiler kolon (uzunluk: 60 m; iç çap:0.25 mm; film kalınlığı: 0.2 µm)

Dedektör : Alev iyonizasyon dedektörü

Taşıyıcı gaz : Azot

Taşıyıcı gaz akış hızı : 1 mL/dk

Enjeksiyon hacmi : 1 µL Split oranı : 1:20

Fırın sıcaklığı : İlk 120°C/dk'da tutulmuş daha sonra 6 °C/dk artırılarak 240 °C'ye yükseltilmiş ve 240°C/15 dk çalışılmıştır.

Enjektör sıcaklığı : 250 °C

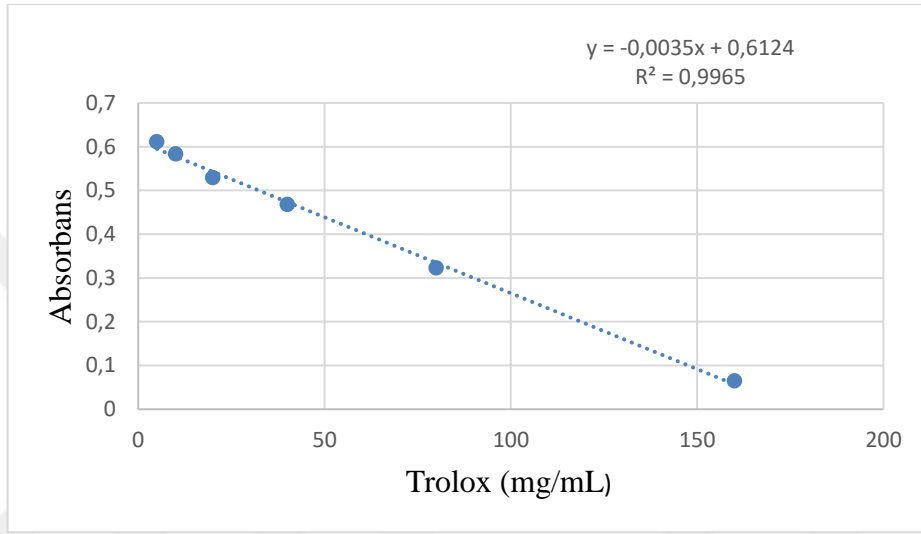
Dedektör sıcaklığı : 250 °C

3.2.3.9. DPPH Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini

DPPH Metodu ekstraktların bir proton verebilme yeteneğinin, mor renkli DPPH çözeltisinin rengini açması esasına dayanmaktadır. Rotondi ve ark. (2004) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek DPPH (1,1- difenil-2-pikrilhidrazil) radikali kullanılarak belirlenmiştir [204]. 0.5 g yağ alınarak üzerine 2.5 mL metanol ilave edilmiş ve 10 dk vortekste karıştırılmıştır. Ardından 3500 devir/10 dk santrifüj edilmiştir. Böylelikle metanolik ve yağ olmak üzere iki faz elde edilmiştir. Tüplerin üst kısmından ayrılan metanolik fazdan pipetle 0.2 mL 10 mL'lik kahverengi şişelere

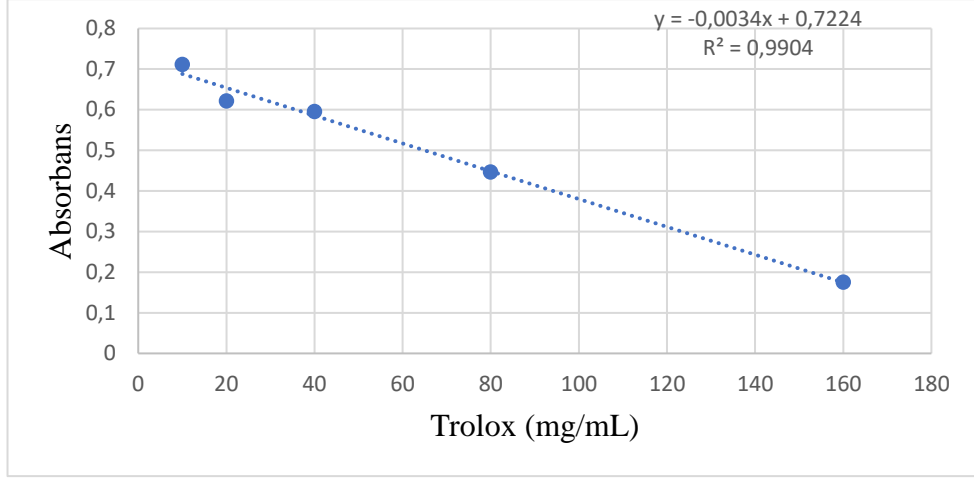
alınarak üzerine 3.8 mL DPPH (100 μ mol) çözeltisi ilave edilmiş ve 15 dk karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Süre sonunda mikropilaka okuyucuda (Thermo Scientific, Multiskan Go) 517 nm dalga boyunda kör çözeltiliye (metanol) karşı absorbansları ölçülmüştür.

Kalibrasyon grafiği için Troloks eşdeğer standart çözeltileri 5, 10, 20, 40, 80 ve 160 μ mol/mL konsantrasyonlarında metanol kullanılarak hazırlanmıştır. Troloks standardı kalibrasyon grafiği Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Yağ numuneleri için Troloks standardı kalibrasyon grafiği

Standart çözeltilerin hazırlanması ve kalibrasyon grafiğinin çizimi: Bu amaçla Troloks standart çözeltisi kullanılmıştır. Troloks standardı kalibrasyon grafikleri Şekil 6.1 'de ve Şekil 6.2'de verilmiştir. Kalibrasyon grafiği hazırlığı için 10, 20, 40, 80, ve 160 μ mol/mL konsantrasyonlarında Troloks eşdeğer standart çözeltileri metanol ile hazırlanmıştır. Şekil 3.7'de doğal ve yapay antioksidanlar için Troloks standardı kalibrasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Yapay ve Doğal antioksidanlar için Troloks standardı kalibrasyon grafiği

Hazırlanan bu dilüsyonlara da DPPH metoduna göre örneklere uygulanan tüm işlemler uygulandıktan sonra mikropilaka okuyucuda (Thermo Scientific, Multiskan Go) 517 nm’de absorbanları ölçülmüştür.

3.2.3.10. Ransimat Analizi

Ransimat ölçümleri için 743 Ransimat cihazı (Gıdasal Yağ Oksidasyon Stabilite Cihazı) kullanılmıştır. Analiz için 3 g yağ numunesi tartılarak, ölçüm 20 L/dk oksijen akış hızında, 120°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarının değerlendirmesi yapılırken zamanla yağda oluşan ikincil oksidasyon ürünlerinin (aldehit ve ketonlar gibi) suda absorbe olması ve suyun iletkenliğini değiştirmesi baz alınmıştır ve sudaki iletkenlik değişimi $\mu\text{S/cm}$ birimiyle ifade edilmiştir. Oksidasyon stabilite indeks tayininde AOCS Cd 12b-92 standart metodu uygulanmıştır [205].

3.2.3.11. 3-MCPD ve GE Analizi

Serbest 3-MCPD miktarının belirlenmesinde DGF C VI 18(10) standart yöntemi kullanılmıştır [206]. Bu yöntemde iki ayrı vial (A ve B) tartılan yağ örneklerine 100 μl 3-MCPD-D5 (5mg/kg serbest 3-MCPD) iç standardı eklendikten sonra 200 μl sodyum hidroksit kullanılarak tüm ester bağlarının parçalanması ve 3-MCPD esterlerinin serbest hale geçmesi sağlanmıştır. Daha sonra, ilk vial (A) 200 μl asitlendirilmiş NaCl çözeltisi, ikinci vial (B) ise 200 μl asitlendirilmiş NaBr çözeltisi eklenerek reaksiyonlar durdurulmuştur. Oluşan organik fazlar 600 μl izoheksan ile 3 kez ekstrakte edilerek atılmıştır. Kalan fazlar 600 μl etilasetat – dietileter karışımı ile ekstrakte edilerek yeni deney tüplerinde toplanmıştır. Yeni tüplerde toplanan fazlara 100 μl türevlendirme ajanı (diethyl eterde hazırlanan doymuş fenilboronik asit çözeltisi)

eklendikten sonra örnekler kuru hava akımı altında kurutulmuştur. Katı haldeki kurutulmuş örnek 500µl izooktanda çözülüp, GC/MS cihazına enjekte edilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen tüm analizler iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir. GC/MS cihazının özellikleri ve analiz şartları aşağıda verilmiştir:

3-MCPD ve glisidil esterlerinin kantitatif analizi GC-MS (GC 8890, GC/MS 5977B Agilent) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Taşıyıcı gaz: Helyum

Taşıyıcı gaz akış hızı: 1 mL/dk ila 1.2 mL/dk

Enjeksiyon modu: Splitless

Fırın sıcaklık programı: 80 °C'den 155°C'ye 5°C/dk artış ile yükseltilmiş; ardından 60°C/dk artış ile 300°C'ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 5 dakika süreyle bekletilmiştir.

Kütle dedektörü: SIM modu

İyon ve arayüz sıcaklıkları: 200°C ve 280°C

GC/MS'den elde edilen kromatogramlardaki kütle/yük=147 olan kromatogram üzerinden örnekte bulunan 3-MCPD pik alanı, kütle/yük=150 olan kromatogram üzerinden ise iç standart ile ilgili pik alanı hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarına bağlı olarak elde edilen GC/MS kromatogramlarındaki pik alanları kullanılarak örneklerde bulunan 3-MCPD miktarları denklem 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$3 - MCPD \left(\frac{mg}{kg} \right) = \frac{Alan_{\left(\frac{m}{z}=147\right)} \times M_{3-MCPD Std}}{Alan_{\left(\frac{m}{z}=150\right)}} \quad (3.6)$$

Alan(m/z=147): Örneklerin GC/MS kromatogramının kütle/yük=147 için tespit edilen pik alanı Alan(m/z=150): Örneklerin GC/MS kromatogramının kütle/yük=150 için tespit edilen pik alanı M3-MCPD Std: 3-MCPD iç standardının yoğunluğu (mg/kg)

3.2.4. İstatistiksel Değerlendirme

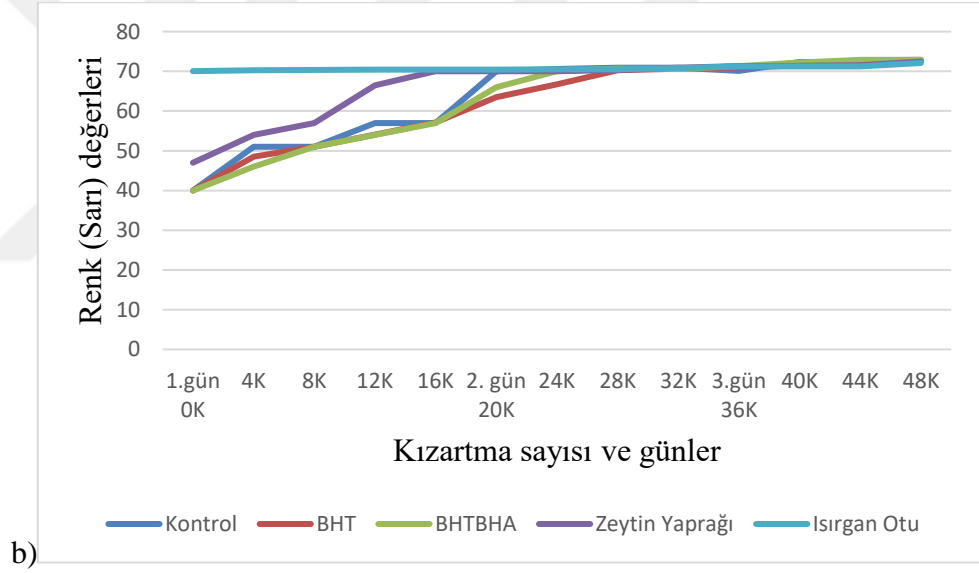
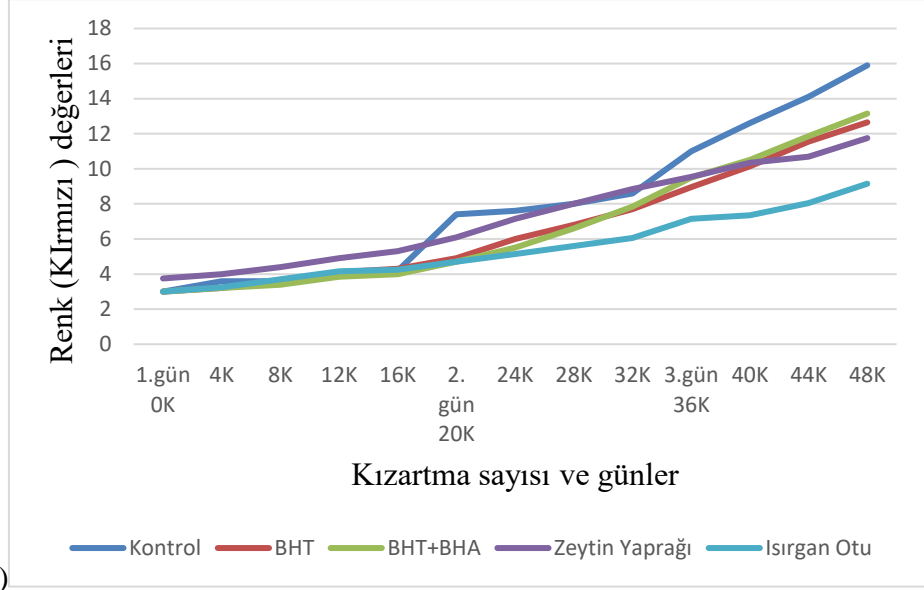
Kızartma işleminde elde edilen yağ numunelerinin tüm analizlerinde her bir paralel değer ortalama±standart sapma olarak ifade edilmiştir. Kızartma yağlarının aralarındaki farklılıkları tespit etmek amacıyla elde edilen veriler SPSS 23.0 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma boyunca gerçekleştirilen her analiz ayrı ayrı değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yağ numunelerinin $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları olup olmadığı belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen farklılığın önem derecesi ise Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılarak tespit edilmiş ve harflendirme yapılmıştır. Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri SPSS 23.0 programında hesaplanmıştır.

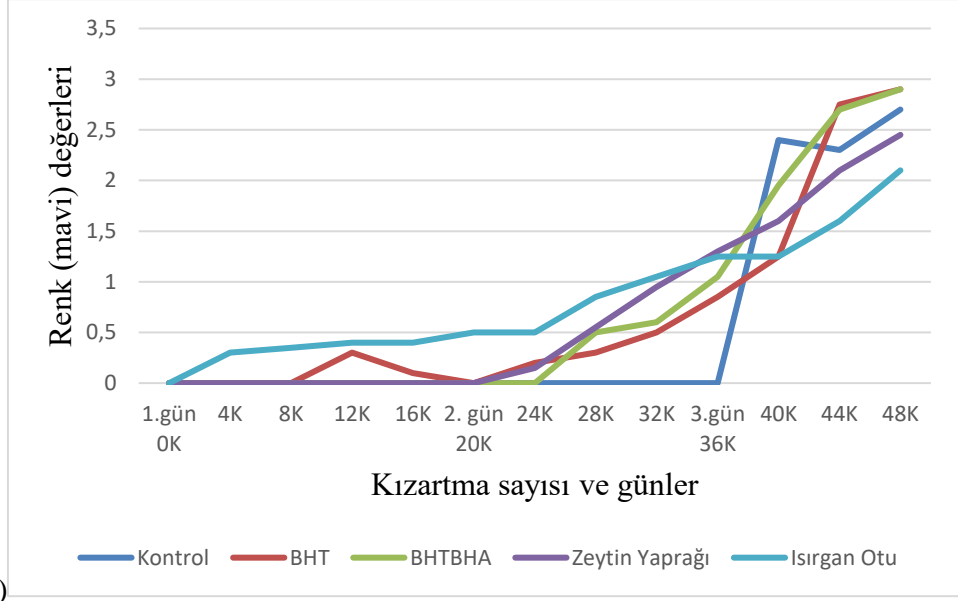


4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kızartma Yağlarının Renk Değerleri

Renk analizi, yağın yapısında bulunan pigmentlerin yağa verdiği doğal rengi ve yağın istenilen görünümüne sahip olup olmadığını kontrol etmek amacıyla yapılan bir analizdir. Kızartma işlemi boyunca yağın renk değerleri kimyasal oksidasyon, karamelizasyon ve Maillard reaksiyonu sonucunda değişime uğramaktadır [207,208]. Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların renk değerlerindeki sonuçlar Tablo 4.1.'de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak meydana gelen renk değişimleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Kırmızılık (R) için 1. gün ortalama değerlerine bakıldığında kontrol, BHT, BHT+BHA, ısırgan otu değerleri birbirlerine benzer iken, zeytin yaprağının en yüksek değer aldığı tespit edilmiştir. 2. gün ortalama değerlerine bakıldığında en düşük değer 5.38 ile ısırgan otu içerikli yağlarda olduğu gözlemlenirken, en yüksek değer 7.90 ile kontrol grubunda olduğu gözlemlenmiştir. 3. gün ortalamaları incelendiğinde ise ısırgan otu 7.93 ile en düşük değere sahip iken, kontrol grubun 13.40 değeri ile en yüksek sonuca sahiptir. Antioksidan çeşidinin 1., 2. ve 3. gün ortalama değerleri üzerlerinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Sarılık (Y) değerleri için 1. gün ortalamalarına bakıldığında kontrol 54.00, BHT 52.66, BHT+BHA 52.00 değerleri birbirlerine benzer iken zeytin yaprağı 61.88, ısırgan otu 70.36 değeri ile diğer gruplara göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir ($p < 0.05$). 2 ve 3. gün ortalamaları ise tüm grupların kendi aralarında birbirlerine benzer değerler aldığı görülmüştür. Mavilik (B) değerleri tüm gruplarda artan kızartma sayısı ile artış göstermiştir. Kızartma yağlarında mavilik değeri yağda emülsiyeye haldeki parçacıkların sebep olduğu bulanıklık ile ilişkilidir [192]. 1. ve 2. gün ortalama değerleri üzerlerinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kırmızılık ve sarılık değerleri için genel ortalama sonuçlarına bakıldığında antioksidan çeşidinin ve kızartma sayısının kızartma yağlarının renk değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).





c)

Şekil 4.1. Kızartılan yağ numunelerinin renk değerleri a) Kırmızı renk değerleri b) Sarı renk değerleri c) Mavi renk değerleri

Tablo 4.1. Kızartılan yağ numunelerinin renk değerleri

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kırmızık						
Kızartılmamış yağ	0 ^a	3.00±0.14 ^a	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.75±0.07 ^b	3.00±0.00 ^a
1.gün	4 ^{ab}	3.60±0.14	3.20±0.14	3.20±0.14	4.00±0.00	3.25±0.35
	8 ^{ab}	3.60±0.14	3.65±0.35	3.40±0.00	4.40±0.00	3.70±0.28
	12 ^{ab}	3.90±0.00	4.10±0.28	3.85±0.07	4.90±0.28	4.15±0.35
	16 ^b	4.20±0.14	4.30±0.42	4.00±0.00	5.30±0.00	4.25±0.49
	1. Gün Ortalama	3.83±0.28 ^a	3.81±0.51 ^a	3.61±0.35 ^a	4.65±0.54 ^b	3.88±0.51 ^a
2.gün	20 ^c	7.40±0.14	4.90±0.99	4.70±0.00	6.10±0.00	4.70±0.70
	24 ^{cd}	7.60±0.14	6.00±1.84	5.50±0.00	7.15±0.07	5.15±0.92
	28 ^{cd}	8.00±0.14	6.80±1.70	6.60±0.14	8.00±0.42	5.60±0.71
	32 ^c	8.60±0.14	7.70±1.70	7.85±0.07	8.85±0.07	6.05±1.20
	2. Gün ortalama	7.90±0.50 ^f	6.35±1.63 ^{abc}	6.16±1.27 ^{ab}	7.53±1.10 ^{bc}	5.38±0.90 ^a
3.gün	36 ^f	11.00±0.14	8.95±1.63	9.50±0.57	9.55±0.35	7.15±1.34
	40 ^f	12.60±0.14	10.15±1.48	10.50±0.28	10.35±0.49	7.35±1.63
	44 ^f	14.10±0.14	11.55±1.06	11.85±0.07	10.70±0.28	8.05±1.06
	48 ^f	15.90±0.00	12.65±1.06	13.15±0.07	11.75±0.78	9.15±0.92
	3. Gün ortalama	13.40±1.94 ^e	10.83±1.80 ^b	11.25±1.49 ^{bc}	10.59±0.93 ^b	7.93±1.27 ^a
	Genel Ortalama	7.96±4.25 ^d	6.69±3.31 ^b	6.70±3.46 ^b	7.29±2.72 ^c	5.50±2.00 ^a
Sarılık						
Kızartılmamış yağ	0 ^a	40.00±0.00 ^a	40.00±0.00 ^a	40.00±0.00 ^a	47.00±1.41 ^b	70.05±0.07 ^c
1.gün	4 ^b	51.00±0.00	48.50±3.54	46.00±0.00	54.00±4.24	70.30±0.42
	8 ^b	51.00±0.00	51.00±0.00	51.00±0.00	57.00±0.00	70.35±0.50
	12 ^c	57.00±0.00	54.05±4.31	54.00±4.24	66.50±4.95	70.40±0.57
	16 ^c	57.00±0.00	57.10±0.14	57.00±0.00	70.00±0.00	70.40±0.57
	1. Gün Ortalama	54.00±3.21 ^a	52.66±4.05 ^a	52.00±4.63 ^a	61.88±7.45 ^b	70.36±0.39 ^f
2.gün	20 ^d	70.00±2.82	63.50±9.19	66.00±4.24	70.00±0.00	70.40±0.57
	24 ^{de}	70.60±0.14	66.70±5.23	70.00±0.00	70.00±0.00	70.50±0.71
	28 ^{def}	70.90±0.00	70.30±0.42	70.65±0.35	70.35±0.07	70.50±0.71
	32 ^{def}	70.90±0.00	70.65±0.49	70.60±0.00	70.95±0.35	70.85±1.20
	2. Gün Ortalama	70.60±1.14 ^a	67.79±5.08 ^a	69.31±2.62 ^a	70.33±0.44 ^a	70.56±0.65 ^a
3.gün	36 ^g	70.10±1.56	71.00±0.57	71.35±0.35	71.30±0.57	71.20±1.28
	40 ^g	72.40±0.28	71.50±0.57	72.20±0.14	71.40±0.71	71.20±1.28
	44 ^g	72.30±0.28	72.75±0.21	72.90±0.00	71.55±0.67	71.25±1.34
	48 ^g	72.70±0.14	72.90±0.00	72.90±0.00	72.45±0.67	72.10±1.13
	3. Gün Ortalama	71.88±1.26 ^a	72.04±0.91 ^a	72.34±0.67 ^a	71.68±0.69 ^a	71.44±1.04 ^a
	Genel Ortalama	63.53±10.74 ^a	62.30±11.02 ^a	62.66±11.39 ^a	66.35±8.14 ^b	70.73±0.84 ^c
Mavilik						
Kızartılmamış yağ	0 ^a	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
1.gün	4 ^a	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.30±0.42
	8 ^a	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.35±0.49
	12 ^{ab}	0.00±0.00	0.30±0.42	0.00±0.00	0.00±0.00	0.40±0.57
	16 ^{ab}	0.00±0.00	0.10±0.14	0.00±0.00	0.00±0.00	0.40±0.57
	1. Gün Ortalama	0.00±0.00 ^a	0.10±0.21 ^{ab}	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.36±0.39 ^b
2.gün	20 ^{ab}	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.50±0.71
	24 ^{ab}	0.00±0.00	0.20±0.28	0.00±0.00	0.15±0.21	0.50±0.71
	28 ^{ab}	0.00±0.00	0.30±0.42	0.50±0.14	0.55±0.21	0.85±1.20
	32 ^{ab}	0.00±0.00	0.50±0.71	0.60±0.00	0.95±0.35	1.05±1.48
	2. Gün ortalama	0.00±0.00 ^a	0.25±0.38 ^{ab}	0.28±0.30 ^{ab}	0.41±0.43 ^{ab}	0.73±0.85 ^b
3.gün	36 ^{bc}	0.00±0.00	0.85±0.78	1.05±0.07	1.30±0.57	1.25±1.34
	40 ^{cd}	2.40±0.14	1.25±0.92	1.95±0.49	1.60±0.71	1.25±1.34
	44 ^{cd}	2.30±0.28	2.75±0.21	2.70±0.28	2.10±0.28	1.60±1.84
	48 ^c	2.70±0.14	2.90±0.00	2.90±0.00	2.45±0.64	2.10±1.13
	3.Gün Ortalama	1.85±1.16 ^a	1.94±1.07 ^a	2.15±0.81 ^a	1.86±0.64 ^a	1.55±1.15 ^a
	Genel ortalama	0.57±1.07 ^a	0.70±1.04 ^a	0.75±1.06 ^a	0.70±0.91 ^a	0.81±0.95 ^a

Aynı sütundaki küçük harfler (a-g) kızartma sayısının, büyük harfler (A-D) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Abbas Ali ve ark. (2013) yaptıkları tekrarlı kızartma işleminde kanola yağına belli oranlarda palm olein yağı ilave ederek 180°C'de kızartma işlemi uygulamışlardır. Karışımlar 20:80 (PO:CO) ve 40:60 (PO:CO) olacak şekilde hazırlanmıştır. Palm olein yağının başlangıç kırmızılık değeri 2.67 iken sarılık 19.60 olarak tespit edilmiştir. Artan kızartma sayısı ile yağların renk değerleri arasında ($p<0,05$) istatistiksel olarak önemli fark olduğu bildirilmiştir [209]. Lalas ve ark. (2003) tarafından yapılan tekrarlı kızartma işleminde, patates cipsi gibi şeker oranının fazla olduğu gıdalarda işlem sırası gerçekleşen Maillard reaksiyonları sebebiyle ortaya çıkan kahverengi pigmentlerin yağa geçtiği ve yağın rengini etkilediği bildirilmiştir [210].

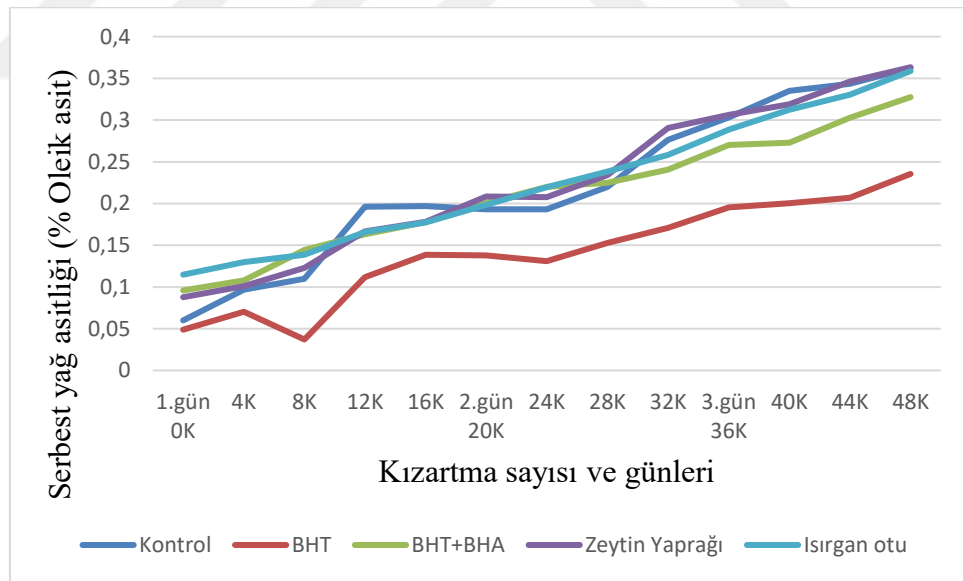
Al-Kahtani (1991), yaptığı çalışmada çeşitli gıda işletmelerinden topladığı atık kızartmalık palm yağlarını incelemiştir. Kızartma tekniklerinin her işletmeye göre farklılık gösterdiğini bildirmiştir. 5 numaralı örnekteki kırmızılık değeri 40,00 ile en yüksek değere sahiptir. 11 numaralı örnekte sarılık değeri ise 79,7 olarak tespit edilmiştir. Sarılık değerleri 9,5 ila 79,7 aralığında değişiklik göstermiştir. Palm yağlarının diğer yağlara kıyasla daha hızlı karardığını ifade etmiştir [211].

Derin yağda kızartma işlemi sonucunda yağın değişen rengi görsel bir kalite parametresidir. Kızartma yağı hakkında fikir verirken ek olarak da gıdanın tüketici tarafından kullanılıp kullanılmayacağı yönünde bir etkiye sahiptir [212].

Blumenthal (1996), sarı rengin peroksitler, aldehitler, karatenoidler ve diğer bileşikler ile ilgili olduğunu bildirmiştir. Kırmızı rengin okside yağ asitleri ile zayıf bir etkileşimi olduğu, mavi rengin ise yağda bulanıklık oluşturan emülsifiye ve su, süspanse partiküller ile bir ilişkisi olduğunu belirtmiştir [213]. Çalışmamızda; kırmızılık (R) kontrol grubunda, diğer yapay ve doğal antioksidan gruplarına göre daha fazla artış göstermiştir. En az artış ile en fazla direnç gösteren grup ısırgan otu içerikli yağ olmuştur. Ardından birbirlerine yakın değerlere sahip olan BHT, BHT+BHA ve zeytin yaprağı grupları takip etmiştir. Sarılık (Y), zeytin yaprağının ve ısırgan otunun bünyesindeki renk maddeleri sebebiyle bu ekstraktları içeren yağlarda diğer gruplara göre başlangıç değerleri daha yüksek bulunmuştur. 48. kızartma numunelerine bakıldığında yakın değerlere sahip oldukları ve çok fark olmadığı görülmüştür. Mavilik (B), kızartma ilerledikçe tüm gruplarda artış göstermiştir. Çalışmamızda elde edilen renk değerlerinin diğer çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

4.2. Kızartma Yağlarının Serbest Yağ Asitliği Miktarları

Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların oleik asit cinsinden serbest yağ asitliğinin sonuçları Tablo 4.2 'de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak serbest yağ asitliğinin değişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Kızartma yağlarının tüm gruplar için 1. gün ortalamalarına bakıldığında en düşük değere %0.10 ile BHT grubu ve %0.14 ile zeytin yaprağı grubu sahip iken; kontrol, BHT+BHA ve ısırgan otu gruplarında çok fark olmaksızın %0.15 değeri ile en yüksek sonuçlar elde edilmiştir. 2. gün ortalamaları incelendiğinde; en düşük BHT %0.15, kontrol ve BHT+BHA %0.22 değerine sahip iken zeytin yaprağı ve ısırgan otu grupları %0.23 değeri ile en yüksek sonuçlara sahiptir. 3. gün ortalamaları ele alındığında ise en düşük değer BHT % 0.21 iken en yüksek değerler kontrol, zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarında görülmüştür. Antioksidan çeşidinin 1., 2. ve 3. gün ortalama değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Genel sonuçlara bakıldığında ise kızartma esnasında kızartma sayısının ve antioksidan çeşidinin yağların serbest yağ asidi değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 4.2. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların serbest yağ asitliğinin antioksidan çeşidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4.2. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların serbest yağ asidi değerleri (%)

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^a	0.06±0.00 ^A	0.05±0.00 ^A	0.10±0.01 ^B	0.09±0.01 ^B	0.11±0.01 ^B
1.gün	4 ^{ab}	0.10±0.00	0.07±0.02	0.11±0.01	0.10±0.02	0.13±0.01
	8 ^b	0.11±0.03	0.04±0.01	0.14±0.01	0.12±0.02	0.14±0.00
	12 ^c	0.20±0.00	0.11±0.04	0.16±0.00	0.17±0.04	0.17±0.00
	16 ^c	0.20±0.00	0.14±0.04	0.18±0.01	0.18±0.02	0.18±0.00
	1. Gün ortalama	0.15±0.05 ^{AB}	0.10±0.04 ^A	0.15±0.03 ^{AB}	0.14±0.04 ^{AB}	0.15±0.02 ^B
2.gün	20 ^{cd}	0.19±0.00	0.14±0.04	0.20±0.01	0.21±0.02	0.20±0.03
	24 ^{cd}	0.19±0.00	0.13 ±0.00	0.22±0.01	0.21±0.02	0.22±0.00
	28 ^{de}	0.22±0.06	0.15 ±0.06	0.22±0.01	0.23±0.02	0.24±0.00
	32 ^{ef}	0.28±0.00	0.17 ±0.05	0.24±0.01	0.29±0.02	0.26±0.01
	2. Gün ortalama	0.22±0.04 ^B	0.15±0.04 ^A	0.22±0.02 ^B	0.23±0.04 ^B	0.23±0.03 ^B
3. gün	36 ^{fg}	0.30±0.00	0.20 ±0.04	0.27±0.01	0.31±0.00	0.29±0.02
	40 ^g	0.34±0.00	0.20±0.05	0.27±0.00	0.32±0.01	0.31±0.02
	44 ^{gh}	0.34±0.00	0.21±0.06	0.30±0.00	0.35±0.02	0.33±0.00
	48 ^h	0.36±0.00	0.24±0.06	0.33±0.01	0.36±0.00	0.36±0.01
	3. Gün ortalama	0.34±0.02 ^B	0.21±0.04 ^A	0.29±0.03 ^B	0.33±0.03 ^B	0.32±0.03 ^B
Genel ortalama	0.22±0.10 ^B	0.14±0.06 ^A	0.21±0.07 ^B	0.23±0.09 ^B	0.23±0.08 ^B	

Aynı sütündeki küçük harfler (a-h) kızartma sayısının, büyük harfler (A-B) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

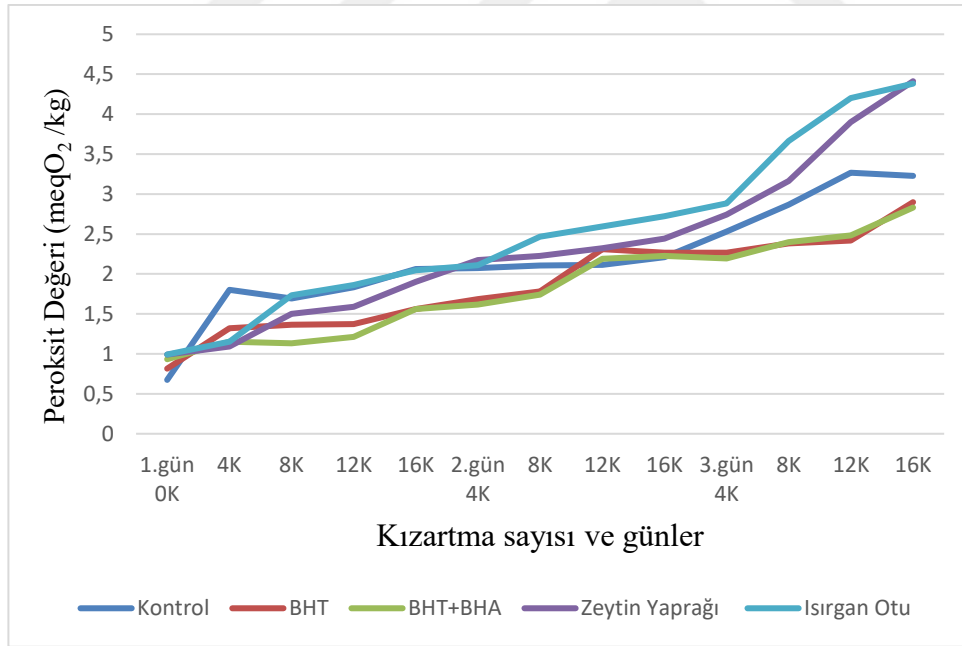
Ceylan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada rafine fındık yağına propolis, kinoa tohumu, uşkun ekstraktları ilave edilerek kızartma işlemi uygulanmış ve kızartma sayısındaki artışa bağlı olarak tüm örneklerde serbest yağ asitliği artmıştır ($p<0.05$). Kızartma başlangıcında serbest yağ asitliği %0.56–0.66 aralığında iken kızartma sonunda %0.5–1.39 olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Çalışmada kullanılan ekstraktların BHT'den daha etkili olduğu belirtilmiştir. Kızartma sayısının artmasıyla beraber serbest yağ asidi miktarının da artış gösterdiği bilinmektedir [189]. Yang ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada palm yağına çeşitli doğal antioksidanlar (hindistan cevizi, sedir ağacı, karanfil, sitronella ve biberiye yağı) eklenerek kızartma işlemi uygulanmıştır. Başlangıç değerleri %0,05-0,04 olan serbest yağ asidi miktarlarının 30 saatin sonunda, antioksidan eklenmemiş palm yağında %0,36 ile en yüksek değere, hindistan cevizi ilaveli palm yağında ise %0,20 ile en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir [186].

Enríquez-Fernández ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, serbest yağ asitliğinin patates kızartmasına (%0,27) kıyasla tavuk nugget (%0,47) kızartmak için kullanılan palm yağında daha yüksek olduğu bildirilmiştir [214]. Jaswir ve ark. (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada palm olein yağı kullanılarak kızartma işlemi uygulanmış ve serbest yağ asitliğinin %0,05-0,52 aralığında değiştiği belirtilmiştir [215].

Fauziah ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada palm olein ve yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağları kullanılmış ve 180°C'de tekrarlı kızartma işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlara göre artan kızartma işlemi ile beraber serbest yağ asitliği değerleri palm oleinde %0,065'den %0,420'ye, ayçiçeği yağında ise %0,055'ten %0,370'ye ulaştığı belirtilmiştir [216]. Stevenson ve ark. (1984) kızartma yağlarının maksimum serbest yağ asidi miktarının %0,05-0,08 olması gerektiğini ifade etmişlerdir [39]. Debnath ve ark. (2012) serbest yağ asidi miktarı %1'e ulaştığında kızartma yağının atılmasının yaygın bir ticari uygulama olarak kabul edildiğini bildirmiştir. Kızartma yağı olarak serbest yağ asitliği miktarı ve polar madde içeriği düşük olan yağların kullanılması önerilmiştir [217]. Çalışmamızda elde edilen % serbest yağ asitliği değerleri diğer çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

4.3. Kızartma Yağlarının Peroksit Değerleri

Çalışmamızda derin yağda kızartma işlemi süresince yağ numunelerinin peroksit sonuçları Tablo 4.3'de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak peroksit sayısının değişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Tabloda 1. gün ortalama değerlerine bakıldığında en yüksek değer kontrol grubunda 1.85 meqO₂/kg, en düşük değerin ise yapay antioksidan kaynaklı grup olan BHT+BHA'da 1.26 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. 2. gün ortalamalarına bakıldığında en düşük değer BHT+BHA grubunda 1.94 meqO₂/kg, en yüksek değer ısırgan otu grubunda 2.47 meqO₂/kg olarak bulunmuştur. 3. gün ortalama sonuçlarına bakıldığında en yüksek değerlerin doğal antioksidan içerikli yağlarda olduğu tespit edilmiştir. Oksidasyonun başlangıç bileşikler olan peroksitler zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarında daha hızlı oluşmuşlardır. 1., 2. ve 3. gün ortalama değerlerinin antioksidan çeşidinin peroksit değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Genel ortalama değerlerine bakıldığında ise kızartma esnasında kızartma sayısının ve antioksidan çeşidinin yağların peroksit değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 4.3. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların peroksit sayılarının antioksidan çeşidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4.3. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların peroksit değerleri (meq O₂/kg)

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı Ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^a	0.67±0.00 ^B	0.81±0.02 ^C	0.93±0.30 ^D	0.99±0.00 ^D	0.99±0.00 ^A
1.gün	4 ^b	1.80±0.00	1.32±0.02	1.15±0.05	1.09±0.03	1.15±0.03
	8 ^{bc}	1.69±0.00	1.36±0.01	1.13±0.17	1.50±0.00	1.73±0.15
	12 ^c	1.83±0.00	1.37±0.01	1.21±0.30	1.59±0.06	1.86±0.01
	16 ^d	2.06±0.00	1.56±0.02	1.56±0.11	1.90±0.02	2.05±0.18
	1.Gün Ortalama	1.85±0.14 ^C	1.40±0.10 ^{AB}	1.26±0.23 ^A	1.52±0.31 ^{ABC}	1.70±0.38 ^{BC}
2.gün	20 ^{de}	2.07±0.00	1.69±0.08	1.62±0.10	2.17±0.01	2.11±0.13
	24 ^e	2.11±0.00	1.78±0.11	1.74±0.08	2.22±0.06	2.47±0.10
	28 ^f	2.11±0.00	2.31±0.08	2.19±0.14	2.32±0.00	2.60±0.10
	32 ^{fg}	2.21±0.00	2.27±0.22	2.22±0.18	2.44±0.12	2.72±0.00
	2. Gün Ortalama	2.13±0.05 ^{AB}	2.01±0.32 ^{AB}	1.94±0.30 ^A	2.29±0.12 ^{BC}	2.47±0.26 ^C
3. gün	36 ^g	2.53±0.00	2.27±0.21	2.19±0.15	2.74±0.51	2.88±0.04
	40 ^h	2.87±0.00	2.38±0.18	2.40±0.30	3.16±0.16	3.66±0.04
	44 ⁱ	3.27±0.00	2.42±0.15	2.48±0.26	3.90±0.09	4.20±0.07
	48 ⁱ	3.23±0.00	2.90±0.04	2.83±0.18	4.41±0.24	4.38±0.11
	3. Gün Ortalama	2.97±0.32 ^{AB}	2.49±0.29 ^A	2.48±0.30 ^A	3.56±0.73 ^{BC}	3.78±0.63 ^C
	Genel Ortalama	2.19±0.67 ^B	1.88±0.58 ^A	1.82±0.61 ^A	2.34±1.01 ^C	2.46±1.17 ^D

Aynı sütundaki küçük harfler (a-i) kızartma sayısının, büyük harfler (A-D) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Uslu (2014) tarafından yapılan çalışmada, 180°C'de tekrarlı kızartma işlemi uygulanmıştır. 3 saat uygulanan kızartma sonrası, patates kızartılan ayçiçeği, fındık, mısır, palm ve zeytinyağlarının peroksit değerleri sırasıyla 9.41, 9.54, 8.20, 5.42 ve 7.56 meqO₂/kg yağ olarak tespit edilmiştir [218]. Ramli ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, patates kullanılarak 180°C'de 2.5 dakikada gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrası palm olein, ayçiçeği ve mısır yağlarında 5. kızartma sonrası peroksit değerlerini sırasıyla 11.66 meqO₂/kg, 24,32 meqO₂/kg ve 16,01 meqO₂/kg olarak tespit etmişlerdir [219].

Damanik ve ark. (2021) ise 4 gün belirli aralıklar ile uygulanan tekrarlı kızartma işlemi sonucu, palm yağının 25. Kızartma sonrası peroksit sayısını en yüksek 17,48 meqO₂/kg yağ, kızartılmamış yağ numunesinde ise en düşük 6.74 meqO₂/kg yağ olarak tespit etmişlerdir [181].

Ceylan ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada, 1 gün süren kızartma işleminde belirli boyutlarda kesilen patates numunelerine 180°C'de 6-7 dakika 12 defa kızartma işlemi uygulamışlardır. Antioksidan eklenmemiş palm yağının başlangıç peroksit değeri 2,54 meqO₂/kg iken 12. kızartma sonrası 11,08 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Palm yağına eklenen BHT, uçkun, kinoa ve propolis ekstraktlı numunelerin başlangıç değerleri sırasıyla; 1.45, 0.71, 0.84, 4.78 meqO₂/kg olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrası bu değerler sırasıyla; 6.64, 10.22, 8.89, 9.34 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Palm yağına ilave edilen BHT grubu içeren yağın peroksit değerinin en düşük olduğu görülmüştür [185].

Farag ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada konsantre ham zeytin yaprağı suyu eldesinden 400, 800, 1600 ve 2400 ppm ayçiçek yağına eklenerek kızartma işlemi uygulanmış, kontrol ayçiçek yağının ve farklı oranlarda konsantre zeytin yaprağı ilaveli ayçiçek yağının peroksit değerlerinde kademeli artışların meydana geldiği belirtilmiştir. Kızartma işleminde 2400 ppm ilave edilen ayçiçek yağının peroksit değeri 400, 800, 1600 ppm ile karıştırılan ayçiçek yağı ve kontrolden sırasıyla yaklaşık 11.3, 9.2, 2.8 ve 11.4 kat daha düşük tespit edilmiştir [220].

Sarıca (2015) tarafından yapılan çalışmada, kızartma yağına farklı doğal bitki ekstraktları (ısırgan yaprağı, nane, keten tohumu, sumak ve kekik) ve sentetik antioksidanlar (BHT, Askorbil Palmitat) eklenmiştir. Belirli aralıklar ile 6 saat boyunca kızartma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlara göre en güçlü etkiyi BHT grubu gösterirken, ısırgan ve nane katkılı kızartma yağında daha yüksek peroksit değeri elde edildiği görülmüştür [221].

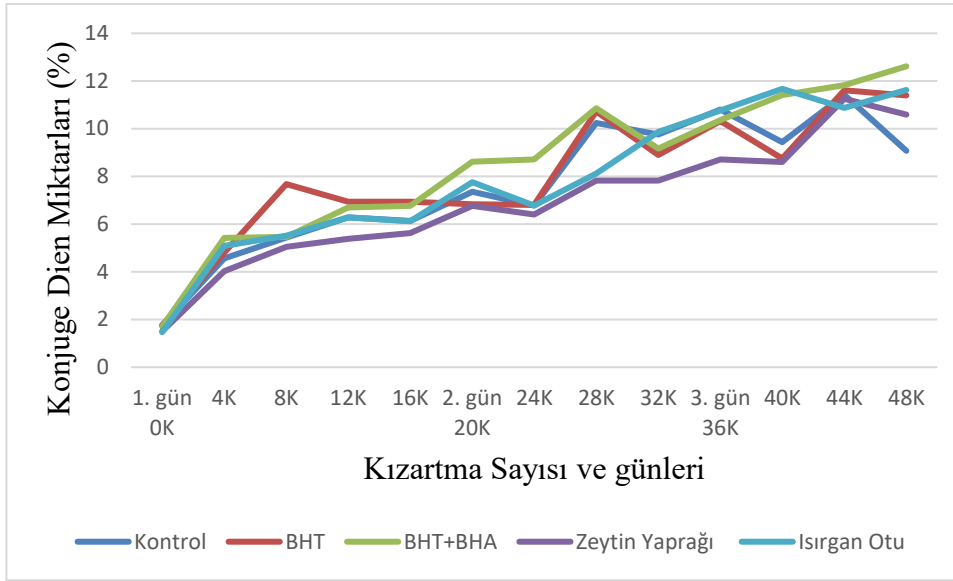
Rafiee ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada iki farklı zeytin yaprağından (Koroneiki ve Roghani) ekstrakt elde edilmiştir. Zeytin yaprağı ekstraktları ayçiçek yağına eklenmiş ve peroksit değerleri incelenmiştir. Koroneiki'nin 1000 ppm'deki metanolik ekstraktının, 100 ve 200 ppm'deki BHA ve BHT' ye kıyasla ayçiçek yağının oksidasyonunu kontrol edebileceği bildirilmiştir [222].

Abdulkarim ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada 5 gün boyunca kızartma işlemi uygulamışlar ve palm yağının başlangıç peroksit değeri 2,25 meqO₂/kg iken 5. Günün sonunda 3,25 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir [223].

Peroksit sayısı, lipid oksidasyonunun ilk basamağında ortaya çıkan hidroperoksit ve peroksitlerin miktarını göstermektedir. Bu sebeple sıvı ve katı yağlar için önemli bir kalite ölçütüdür [224]. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen peroksit sayısı rafine edilmiş yağlarda maksimum 10 meq O₂/kg yağ'dır [66]. Kızartma işlemi esnasında oluşan ürünlerin bir çoğu toksik etkiye sahiptir. Kızartma işleminin süresi ve kullanım niteliği sağlık açısından tehlike oluşturan etkilere sahiptir [225]. Çalışmamızda elde ettiğimiz peroksit değerleri, literatürdeki bazı değerlere göre düşük bazı değerlere göre çok yakın bulunmuştur. Bu durumun sebebi olarak kızartma işleminde kullanılan yağların başlangıç peroksit değerlerinin farklı olması, kızartma işleminin tekrarı ve kızartılan ürün miktarının etkili olduğu söylenebilir.

4.4. Kızartma Yağlarının Konjuge Dien Değerleri

Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların konjuge dien sonuçları Tablo 4.4 'de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak konjuge dien miktarı değişimi Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Konjuge dien miktarı, yağlarda birincil oksidasyon ürünleri hakkında bilgi vermektedir. 1. gün ortalamalarına göre; en düşük değer %5.02 ile zeytin yaprağı, en yüksek değer ise %6.75 ile ısırgan otu gruplarında elde edilmiştir. 2. gün ortalama sonuçlarına bakıldığında en düşük değer zeytin yaprağı grubunda, en yüksek değer BHT içerikli grupta gözlemlenmiştir. 3. günde de diğer günlerdeki gibi zeytin yaprağı grubunun en düşük konjuge dien değeri aldığı gözlemlenmiştir. En yüksek değer %11.55 ile BHT+BHA içerikli gruba aittir. Antioksidan çeşidinin 1., 2. ve 3. gün ortalama konjuge dien değerlerine istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Genel ortalama değerlerine bakıldığında ise kızartma esnasında kızartma sayısının ve antioksidan çeşidinin yağların konjuge dien değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 4.4. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların konjuge dien miktarlarının antioksidan çeşidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4.4. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların konjuge dien miktarları (%)

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^a	1.76±0.00 ^A	1.74±0.18 ^A	1.70±0.40 ^A	1.51±0.15 ^A	1.47±0.21 ^A
1.gün	4 ^b	4.56	4.81±0.06	5.42±0.28	4.03±0.70	5.09±0.45
	8 ^{bc}	5.44	7.67±1.50	5.46±0.62	5.05±0.19	5.52±1.01
	12 ^{cd}	6.28	6.94±0.34	6.70±0.80	5.38±0.13	6.28±0.32
	16 ^{cd}	6.14	6.93±0.28	6.76±0.80	5.62±0.17	6.12±0.34
	1. Gün Ortalama	5.60±0.73 ^{AB}	6.59±1.29 ^B	6.08±0.85 ^{AB}	5.02±0.71 ^A	6.75±0.68 ^{AB}
2.gün	20 ^d	7.35	6.83±1.61	8.62±0.08	6.77±0.51	7.76±0.35
	24 ^{cd}	6.78	6.81±1.95	8.72±0.07	6.41±0.52	6.78±1.33
	28 ^e	10.25	10.72±0.62	10.87±0.93	7.83±0.21	8.12±0.87
	32 ^e	9.76	8.91±0.43	9.16±1.09	7.82±0.41	9.87±2.23
	2. Gün Ortalama	8.54±1.59 ^{AB}	8.32±2.01 ^{AB}	9.34±1.11 ^B	7.20±0.75 ^A	8.13±1.58 ^{AB}
3. gün	36 ^{efg}	10.81	10.33±0.41	10.36±1.67	8.71±0.31	10.77±1.73
	40 ^{ef}	9.44	8.75±2.00	11.40±0.88	8.61±1.59	11.67±0.86
	44 ^g	11.42	11.61±1.72	11.83±0.45	11.26±0.83	10.88±2.38
	48 ^{fg}	9.07	11.40±1.43	12.62±0.23	10.60±0.40	11.63±0.08
	3. Gün Ortalama	10.18±1.03 ^A	10.52±1.67 ^A	11.55±1.14 ^A	9.79±1.42 ^A	11.24±1.24 ^A
	Genel Ortalama	7.62±2.75 ^B	7.96±2.86 ^{BC}	8.43±3.11 ^C	6.89±2.65 ^A	7.84±3.10 ^{BC}

Aynı sütundaki küçük harfler (a-g) kızartma sayısının, büyük harfler (A-C) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Ceylan ve ark. (2021) yaptığı çalışmada palm yağına BHT, uçkun, kino ve propolis eklenmiş yağ numunelerinin başlangıç konjuge dien değerlerini sırayla %2.87, %3.66, %3.47, %3.47 olarak tespit etmişlerdir. Herhangi bir ekstrakt eklenmemiş palm yağının başlangıç konjuge dien değeri %2.84 iken, 12. Kızartma sonrası %8.62'ye ulaşmıştır. 12. kızartma sonrası konjuge dien değerlerinin sırasıyla %5.51, %6.49, %6.30 ve %6.71 olduğu bildirilmiştir [185].

Wong ve ark. (2017) yaptığı çalışmada palm yağı ile 5 gün boyunca kızartma işlemi uygulamış ve başlangıç konjuge dien değeri %2.73 iken 160 °C'de kızartma işlemi uygulanarak 5.gün sonunda %7.10 olarak tespit edilmiştir. 180°C'de kızartılan yağ örneğinin başlangıç değeri 2.87 iken, 5.gün sonu bu değer %9.46 olarak tespit edilmiştir [109].

Maskan ve ark. (2014) tarafından yapılan tekrarlı kızartma işlemi sonucunda 20. ve 30. kızartmalarda yağların konjuge dien değerlerinde azalma eğilimi gözlemlenirken, 30. ve 40. kızartma arasında artış gözlemlenmiştir. Bu durumun konjuge dienlerin oluşum hızıyla bu bileşiklerin polimer oluşturma hızının arasındaki dengeden kaynaklandığı bildirilmiştir. Ayrıca, kızartma işlemi sırasında peroksitlerin aynı esnada hem parçalanması hem de oluşmasından kaynaklanabileceği de belirtilmiştir [226].

Wong ve ark. (2018) uyguladıkları kızartma işleminde BHT ilaveli palm olein yağının ilk konjuge dien değerini %2.27 olarak, 3. gün sonunda ise 5.32 olarak tespit etmişlerdir [5].

Kıralan (2006), ayçiçek yağına ısırgan, keten, kişniş, ve çörekotu tohumu ekstraktları ekleyerek oksidatif stabilite üzerine olan etkilerini incelemiştir. Çalışmasında konjuge dien artışının, aldehit ve ketonların oluşumuna (istenmeyen lezzet bileşikleri, acılık) paralel olarak etki gösterdiğini bildirmiştir. Sonuçlar peroksit ve konjugasyon açısından değerlendirildiğinde, çörek otunun alkol ekstraktı dışında zayıf bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir [227].

Sarıca (2015) tarafından yapılan çalışmada, kızartma yağına farklı doğal bitki ekstraktları (ısırgan yaprağı, nane, keten tohumu, sumak ve kekik) ve sentetik antioksidanlar (BHT, Askorbil Palmitat) eklenmiştir. Belirli aralıklar ile 6 saat boyunca kızartma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde kızartma işlemi boyunca konjuge dien değerlerinde gözle görülür bir artış tespit edilmiştir. BHT eklenen yağ numunesinin başlangıç konjuge dien değeri %0,89 iken kızartma sonunda %8,33'e ulaştığı tespit edilmiştir. Isırgan otu ekstraktlı yağ numunesinin başlangıç

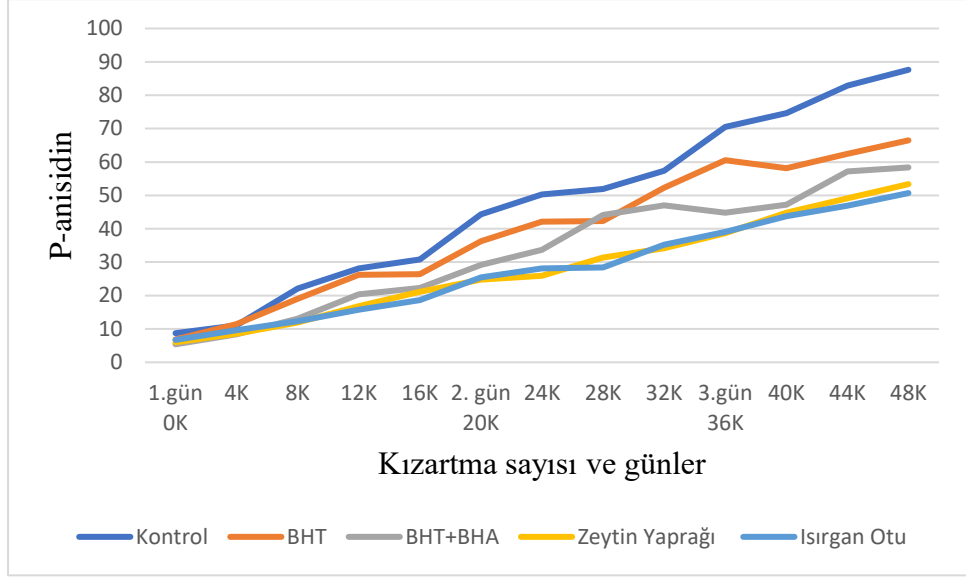
konjuge dien değeri %1,52 iken 6 saat sonra %10,23'e ulaştığı bildirilmiştir. En düşük antioksidatif özelliğin ısırgan otu ekstraktı içeren örnekte olduğu bildirilmiştir [221].

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında yakın değerlere sahiptir. Kızartma işleminin süresi, yağın cinsi, kızartma sıklığı, kızartılan ürün miktarı gibi faktörler konjuge dien sonuçlarına etki etmektedir.

4.5. Kızartma Yağlarının P-anisidin Değerleri

Yağların ısıtılma işlemlere maruz kalması ve bu esnada oluşan birincil oksidasyon ürünleri olan kararsız haldeki hidroperoksitlerin aldehidik bileşiklere dönüşümü *p*-anisidin değeri ile ölçülmektedir. Yağların bozulmasıyla meydana gelen ve uçucu olmayan 2,4-dienal ve 2-alkenal gibi aldehitlerin ölçüsü olarak kabul edilmektedir [211,228].

Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların *p*-anisidin sonuçları Tablo 4.5 'de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak *p*-anisidin değerinin değişimi Şekil 4.5'de gösterilmiştir. P-anisidin değeri yağlarda ikincil oksidasyon hakkında bilgi vermektedir. Örneklerin 1. gün ortalamaları için *p*-anisidin sonuçları incelendiğinde; tüm gruplar içerisinde en düşük sonucun doğal antioksidan içerikli gruplarda olduğu, en yüksek değerlerin ise kontrol grubunda olduğu görülmüştür. 2. gün ortalamalarına bakıldığında zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının sırasıyla 29.09, 29.29 değerleri ile en düşük sonuçlara sahip olduğu gözlemlenmiştir. 3. gün ortalamalarına bakıldığında ise ısırgan otu katkılı grupta 45.12 değeri ile en düşük, kontrol grubunda 78.93 değeri ile en yüksek sonuçların elde edildiği gözlemlenmiştir. Genel olarak ısırgan otu sonuçlarına bakıldığında diğer gruplara kıyasla oksidasyona karşı en yüksek koruyuculuğu gösterdiği görülmektedir. Antioksidan çeşidinin 1., 2. ve 3. gün ortalama *p*-anisidin değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kızartma sayısının ve antioksidan çeşidinin de yağların *p*-anisidin değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 4.5. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların *p*-anisidin değerlerinin antioksidan çeşidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4.5. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların *p*-anisidin değerleri (%)

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^a	8.73±0.00 ^B	6.85±0.18 ^A	5.40±0.39 ^A	6.01±0.14 ^A	6.72±0.86 ^A
1.gün	4 ^{ab}	11.10±0.00	11.46±0.49	8.37±1.90	8.57±1.84	9.62±1.27
	8 ^{bc}	22.04±0.00	18.97±1.31	13.08±1.68	11.90±2.81	12.30±0.23
	12 ^{cd}	28.12±0.00	26.22±2.13	20.40±3.99	16.84±3.58	15.73±0.83
	16 ^d	30.80±0.00	26.41±1.20	22.25±3.99	21.11±2.50	18.63±1.33
	1. Gün Ortalama	23.02±8.10 ^A	20.77±6.66 ^A	16.02±6.42 ^A	14.60±5.51 ^A	14.07±3.73 ^A
2.gün	20 ^e	44.35±0.00	36.32±0.40	29.15±5.13	24.78±4.96	25.42±1.15
	24 ^{ef}	50.29±0.00	42.17±2.90	33.67±5.40	25.96±5.58	28.12±0.05
	28 ^{fg}	51.90±0.00	42.35±12.21	44.12±4.99	31.43±5.98	28.43±0.61
	32 ^{gh}	57.42±0.00	52.28±0.10	46.99±4.33	34.21±6.13	35.20±1.63
	2. Gün Ortalama	50.99±4.98 ^D	43.28±7.75 ^{CD}	38.48±8.69 ^{BC}	29.09±5.97 ^A	29.29±3.94 ^{AB}
3. gün	36 ^{hi}	70.55±0.00	60.53±2.30	44.80±7.51	38.65±9.31	39.08±0.04
	40 ⁱⁱ	74.67±0.00	58.10±5.65	47.22±3.99	44.78±8.40	43.81±1.05
	44 ^{ij}	82.87±0.00	62.44±7.27	57.22±10.36	49.15±10.20	46.90±0.99
	48 ^j	87.63±0.00	66.48±0.04	58.37±3.82	53.37±7.93	50.70±2.80
	3. Gün Ortalama	78.93±7.16 ^C	61.89±4.92 ^B	51.90±8.27 ^{AB}	46.47±8.96 ^A	45.12±4.70 ^A
	Genel Ortalama	47.73±25.92 ^D	39.28±19.96 ^C	33.16±18.14 ^B	28.21±15.71 ^A	27.74±14.39 ^A

Aynı sütundaki küçük harfler (a-j) kızartma sayısının, büyük harfler (A-D) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Literatüre bakıldığında *p*-anisidin değerindeki artışın kızartma süresi ile artış gösterdiğini destekleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Wong ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, palm olein yağına doğal (biberiye, adaçayı özütü) ve yapay (BHA, BHT, TBHQ) antioksidanlar ilave edilerek kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işleminde patates numuneleri 180°C’de, 2.5 dakika belirli aralıklar ile günde 5 defa kızartılmıştır. 3 gün süren kızartma işleminde en az artış adaçayı ilaveli yağda 15.10 ile 64.97 arasında değişim gösterirken, en çok artışın BHT ilaveli yağda 15.27 ile 70.07 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. BHA ilaveli yağda 14.19-67.66 değişim gösterirken; biberiye ilaveli yağda 14.68-60.16 aralığında değişim göstermiştir [5].

Abdulkarim ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada geleneksel kızartma yağları (palm olein, kanola ve soya yağı) ve yüksek oleik asitli Moringa oleifera yağı ile tekrarlı kızartma işlemi uygulamışlardır. Belirli aralıklar ile 5 gün boyunca kızartma işlemi devam etmiştir. Elde edilen yağların sonuçlarına göre *p*-anisidin değerlerindeki artışın en düşük olduğu yağ olan Moringa oleifera yağında 11.54-63.25 arasında ve ardından palm yağında 19.97-64,28 arasında bir değişim olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara göre Moringa oleifera ve palm yağlarının diğer yağlara kıyasla oksidasyona karşı daha dirençli olduğu gözlemlenmiştir [223].

Zribi ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada rafine palm, rafine zeytinyağı ve soya yağlarının belirli oranlarda (80:20 rafine zeytinyağı/palm yağı ve rafine soya yağı/palm yağı) karışımını gerçekleştirerek tekrarlı kızartma işlemi uygulamışlardır. Çalışmada 50 kez belirli aralıklar ile kızartma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlara göre *p*-anisidin değerindeki en anlamlı ($p < 0,05$) artış, 27.56 ile 120.45 arasında değişen soya yağı-palm yağı karışımında tespit edilirken; rafine zeytinyağı-palm yağı karışımında 9.30 – 144.53 değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir [229].

Wong ve ark. (2017), 160°C ve 180°C’de uyguladıkları kızartma işleminde başlangıç *p*-anisidin değerlerini sırasıyla 26.45, 28.61 olarak bulurken, 5.gün sonunda sırasıyla 63.25, 68.37 olarak tespit etmişlerdir [109].

Aachary ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada ham kanola yağı, BHT ilaveli kanola yağı ve kanola yağı fenolik ekstraktlarını içeren yağlarda 5 gün boyunca kızartma işlemi uygulamışlardır. 5 gün boyunca artan kızartma sayısı ile *p*-anisidin değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Kontrol numunesinin ilk gününden sonra *p*-

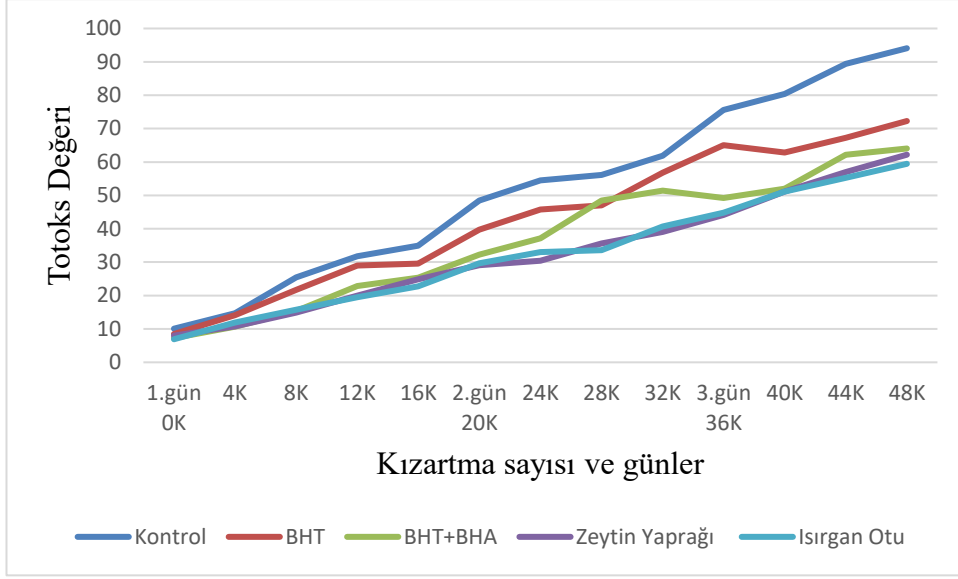
anisidin (mmol/kg yağ) 21.97'den 116.44'e yükselirken, BHT ilaveli, fenolik ekstrakt içeren ve ham kanola yağı için sırasıyla 32.33'den 54.61'e, 24.64'den 40.20'ye ve 15.29'dan 43.24'e yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Kızartma sonrası kontrol numunesinin *p*-değeri 221.72, BHT numunesinin 149.37 mmol/kg olarak kaydedilmiştir [230].

Ceylan (2020) tarafından yapılan çalışmada, 180°C'de ticari kızartma yağı, palm olein yağı ve rafine fındık yağı kullanılarak tekrarlı kızartma işlemi uygulanmıştır. Palm olein yağı örneklerinde kızartma öncesi 2.25-9.93 aralığında bulunan *p*-anisidin değerlerinin 12 kızartma sonrasında 29.79-54.8 değerlerine ulaştığı bildirilmiştir [192].

Nacaroglu (2006) ile Houhoula ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda antioksidan ilavesi yapılan yağların *p*-anisidin değerlerinin, antioksidan ilave edilmeyen yağlara göre daha düşük olduğunu bildirilmiştir [231,232]. Çalışmamız kapsamında elde ettiğimiz sonuçların yapılan bu çalışmalar ile uyum sağladığı görülmüştür.

4.6. Kızartma Yağlarının Totoks (Toplam oksidasyon) Değeri

Totoks değeri yenilebilen yağların oksidatif kararlılığını belirlemek için önemli bir değerdir. Bu yöntem uzun süredir bilinmesine ve kullanılmasına rağmen yağlar için herhangi bir limit ya da resmi standart kalite kriteri bulunmamaktadır. İşlenmemiş ve rafine yağlar için German Society for Fat Sciences (DGF), totoks değerinin 20'den az olmasını tavsiye etmektedir [233,234]. Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların toplam oksidasyonlarının (totoks) sonuçları Tablo 4.6'da, yağın içine ilave edilen antioksidanların işlem farklılığına bağlı olarak totoks değerlerindeki değişim Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların Totoks değerlerinin antioksidan çeşidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4.6. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların Totoks değerleri

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^a	10.08±0.00 ^B	8.48±0.23 ^{AB}	7.27±0.45 ^A	7.99±0.14 ^A	6.91±0.85 ^A
1.gün	4 ^{ab}	14.71±0.00	14.10±0.52	10.68±2.00	10.75±1.79	11.92±1.20
	8 ^{bc}	25.43±0.00	21.70±1.34	15.34±2.02	14.90±2.80	15.77±0.53
	12 ^{cd}	31.79±0.00	28.97±2.10	22.82±4.59	20.02±3.46	19.46±0.86
	16 ^d	34.92±0.00	29.53±1.23	25.36±4.20	24.91±2.45	22.72±0.98
	1. Gün Ortalama	26.71±8.26 ^A	23.56±6.80 ^A	18.55±6.77 ^A	17.65±6.05 ^A	17.47±4.37 ^A
2.gün	20 ^e	48.50±0.00	39.69±0.24	32.24±5.34	29.13±4.95	29.63±1.41
	24 ^{ef}	54.50±0.00	45.73±2.68	37.16±5.57	30.41±5.46	33.05±0.26
	28 ^{fg}	56.13±0.00	46.97±12.38	48.50±5.28	35.57±5.27	33.62±0.41
	32 ^{gh}	61.84±0.00	56.81±0.34	51.44±4.69	39.10±5.88	40.65±1.64
	2. Gün Ortalama	55.24±5.08 ^C	47.30±8.13 ^{BC}	42.37±8.13 ^{AB}	33.55±5.92 ^A	34.24±4.36 ^A
3. gün	36 ^{hi}	75.61±0.00	65.06±2.58	49.19±7.80	44.14±8.28	44.85±0.04
	40 ⁱ	80.41±0.00	62.86±6.02	52.02±4.59	51.10±8.08	51.13±1.14
	44 ⁱ	89.40±0.00	67.27±7.57	62.19±10.89	56.95±10.01	55.31±0.87
	48 ⁱ	94.08±0.00	72.28±0.03	64.05±4.18	62.20±7.45	59.46±3.02
	3. Gün Ortalama	84.87±7.76 ^C	66.87±5.32 ^B	56.86±8.80 ^{AB}	53.60±9.65 ^A	52.69±5.91 ^A
	Genel Ortalama	52.11±27.16 ^D	43.04±21.06 ^C	36.80±19.33 ^B	32.86±17.53 ^A	32.65±16.63 ^A

Aynı sütundaki küçük harfler (a-i) kızartma sayısının, büyük harfler (A-D) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Abdulkarim ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, 5 gün boyunca kızartma işlemi uygulamış ve palm yağının başlangıç totoks değerinin 24.47 olduğunu, beş günün sonunda ise 79.78 değerine ulaştığını tespit etmişlerdir [223].

Ceylan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada, kızartma sayısındaki artışa bağlı olarak totoks değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Totoks değerleri kızartma işlemi öncesi 5.20-11.13 aralığında değişim gösterirken, işlem sonu 61.53-92.11 aralığında değişim gösterdiği bildirilmiştir. En düşük totoks değeri 1500 ppm propolis eklenen palm olein yağında, BHT ve 1500 ppm uçkun eklenen yağlarda gözlemlenmiştir [189].

Chew ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada palm yağı kullanarak 180°C'de belirli aralıklar ile 30 kez kızartma işlemi uygulamışlardır. Kızartma öncesi 2.14 olan totoks değeri, 30. kızartma sonrası 22.66 olarak tespit edilmiştir [72].

Naghshineh ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada RBD palm yağının başlangıç totoks değerini 1.95 olarak bulurken, 5 gün süren tekrarlı kızartma işlemi sonunda bu değer 105.13'e ulaştığını bildirmişlerdir [235]. Serjouie ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada da palm olein yağına 5 gün belirli aralıklar ile kızartma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlara göre palm oleinin başlangıç totoks değeri 8.20 iken kızartma işleminin sonunda bu değer 125.71'e yükselmiştir [236].

Maskan ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada 5 gün boyunca günde 10 kez belirli aralıklar ile kızartma işlemi uygulanmış ve toplamda 50 defa kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Palm oleinin başlangıç totoks değeri 20.90 iken 5.gün sonu bu değer 47.38'e ulaşmıştır. BHT ilave palm oleinin ise ilk değeri 20.90 iken son değer 41.07 olarak kaydedilmiştir [237].

Abbas Ali ve ark. (2013) uyguladıkları tekrarlı kızartma işleminde palm olein yağının totoks değerlerini ilk gün 4.70, 3.gün 58.13, 5.gün ise 68.38 olarak tespit etmişlerdir [209].

Ceylan ve ark. (2022), totoks değerlerinin kızartma sayısı ile artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Kızartma öncesi 5.20-11.13 aralığında olan totoks değerleri kızartma işlemi sonunda 61.53-92.11'e ulaşmıştır. En düşük totoks oluşumu propolis ekstraktı eklenmiş yağda gözlemlenirken ardından BHT ilaveli yağda tespit edilmiştir [189].

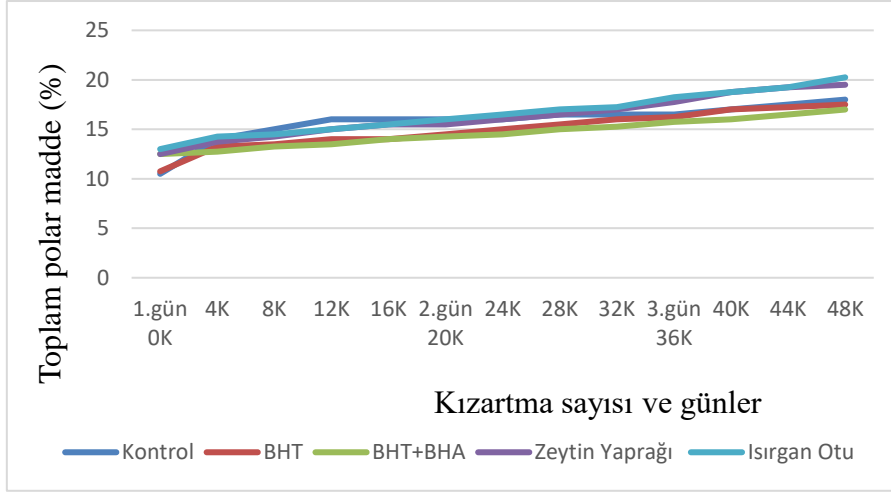
Mariod ve ark. (2006), totoks değerleri 10 ila 30 aralığında olan sıvı ve katı yağların insan tüketimi için kabul edilebileceğini ve totoks değeri 32'den yüksek olanların tüketilmemesi

gerektiğini ifade etmişlerdir. Yüksek kaliteli yağlar için totoks değerinin 2 ila 9 aralığında olduğu belirtilmiştir [238].

Çalışmamızda toplam oksidasyon değerlerimiz irdelendiğinde; oksidasyona karşı en yüksek koruyuculuğu sırasıyla ısırgan otu >zeytin yaprağı >BHT+BHA >BHT >kontrol grubu takip etmiştir. En düşük totoks değeri ısırgan otu ekstraktlı yağlarda tespit edilmiştir. Böylece ısırgan otu ekstraktlı yağların oksidatif bozulmaya karşı daha yüksek bir stabilite gösterdiği görülmektedir. Sonuçlarımız literatürdeki bazı çalışmalara göre hem yakın hem de daha düşük değerlerde tespit edilmiştir. Sonuçlarımızın daha düşük çıkma sebebi olarak farklı gramajlarda patates kızartması, işlem sayısı ve düşük işlem süresinden kaynaklandığı söylenebilir.

4.7. Kızartma Yağlarının Toplam Polar Madde (TPM) Miktarları

Toplam polar madde miktarı kızartma yağlarının tekrarlanabilirlik ve doğruluk açısından tespit etmede kullanılan güvenilir yöntemlerden birisidir. Polar madde içeriği ile polaritesi trigliseritlerden daha yüksek maddelerin içeriği tespit edilmektedir [27]. Kızartma yağları içerisinde oluşan polar maddeler sağlık yönünden olumsuz etkileri olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir [24,239,240]. Kızartma yağları ile ilgili limit “Türk Gıda Kodeksi Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği” 28 Ağustos 2007 tarihinde yayınlanmıştır. Bu tebliğde toplam polar madde miktarı maksimum %25 olarak belirtilmiştir [241]. Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların toplam polar madde miktarı sonuçları Tablo 4.7’de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak toplam polar madde miktarlarında meydana gelen değişimler Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Oksidatif bozulma ürünlerinin varlığının belirlenmesinde kullanılan toplam polar madde analizi, kızartılan tüm gruplar için irdelendiğinde; %25 sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. 1. gün ortalamaları incelendiğinde; en yüksek değer kontrol grubunda, en düşük değer ise BHT+BHA grubunda olduğu görülmüştür. 2. gün ortalamalarında ise en yüksek değer kontrol ve zeytin yaprağına göre çok fark olmaksızın ısırgan otu içerikli grupta tespit edilmiştir. 3. gün ortalamalarına bakıldığında ise doğal antioksidan içerikli yağların TPM değerlerinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Antioksidan çeşidinin 1., 2. ve 3. gün ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Genel ortalama değerlerine bakıldığında kızartma esnasında kızartma sayısının ve antioksidan çeşidinin yağların toplam polar madde değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 4.7. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların toplam polar madde miktarlarının antioksidan çeşidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4.7. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların Toplam polar madde miktarları (%)

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^a	10.50±0.71 ^A	10.75±0.35 ^A	12.50±0.35 ^{AB}	12.50±0.00 ^{BC}	13.00±0.00 ^C
1.gün	4 ^b	14.00±0.71	13.25±0.35	12.75±0.35	13.75±0.35	14.25±0.35
	8 ^b	15.00±0.00	13.50±0.00	13.25±0.35	14.25±0.35	14.50±0.00
	12 ^c	16.00±0.70	14.00±0.00	13.50±0.00	15.00±0.00	15.00±0.00
	16 ^c	16.00±0.00	14.00±0.00	14.00±0.00	15.50±0.00	15.50±0.00
	1. Gün Ortalama	15.25±0.96 ^B	13.69±0.37 ^{AB}	13.36±0.52 ^A	14.63±0.74 ^{BC}	14.81±0.53 ^B
2.gün	20 ^{cd}	16.00±0.71	14.50±0.00	14.25±0.35	15.50±0.00	16.00±0.00
	24 ^{de}	16.00±0.00	15.00±0.00	14.50±0.00	16.00±0.00	16.50±0.00
	28 ^{ef}	16.50±0.00	15.50±0.00	15.00±0.00	16.50±0.00	17.00±0.00
	32 ^{fg}	16.50±0.00	16.00±0.00	15.25±0.35	17.00±0.00	17.25±0.35
2. Gün Ortalama	16.25±0.38 ^B	15.25±0.60 ^A	14.75±0.46 ^A	16.25±0.60 ^B	16.69±0.53 ^B	
3. gün	36 ^g	16.50±0.71	16.25±0.35	15.75±0.35	17.75±0.35	18.25±0.35
	40 ^h	17.00±1.41	17.00±0.00	16.00±0.00	18.75±0.35	18.75±0.35
	44 ^{h1}	17.50±0.00	17.25±0.35	16.50±0.00	19.25±0.35	19.25±0.35
	48 ¹	18.00±1.41	17.50±0.00	17.00±0.00	19.50±0.00	20.25±0.35
3. Gün Ortalama	17.25±1.00 ^A	17.00±0.53 ^A	16.31±0.53 ^A	18.81±0.75 ^B	19.12±0.83 ^B	
Genel Ortalama	15.81±1.92 ^C	14.96±1.88 ^B	14.54±1.59 ^A	16.25±2.12 ^D	16.58±2.11 ^E	

Aynı sütundaki küçük harfler (a-ı) kızartma sayısının, büyük harfler (A-E) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama \pm standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Bansal ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, farklı gıda ürünleri (tavuk kanadı ve patates) kullanılarak palm yağının (RBD) kızartma performansı irdelenmiştir. Kızartma işlemi 180-185 °C'de tavuk kanadı ve patates numunelerinin belirlenen dakika ve aralıklar ile günde 10 defa kızartılmasıyla uygulanmıştır. Kızartma işlemi 4 gün boyunca devam etmiştir. Başlangıç toplam polar madde miktarı %8.93 iken son kızartmadan sonra elde edilen toplam polar madde miktarları sırasıyla %22.61 ve %31.81'e ulaşmıştır [183].

Xu ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada kızartma yağındaki toplam polar madde miktarının %8.5 ile başlayıp birinci gün sonu en yüksek artışın (2.2 kat) meydana geldiğini ve ikinci gün sonu %25.2 ile sınır değeri geçtiğini bildirmişlerdir. 4. Gün sonu ise toplam polar madde miktarının >%40'ı aştığı rapor edilmiştir [184].

Tarmizi ve ark. (2013), kızartma işleminde (180°C) palm olein yağının başlangıç polar madde miktarını %7.81 olarak belirlerken, kızartma işlemi sonrası %17.19 olarak tespit etmişlerdir [242].

Ceylan ve ark. (2021) ise palm yağının 12 kızartma sonrası toplam polar madde miktarını %13.25 olarak tespit ederken, BHT ilaveli olanı %12.00 olarak tespit etmişlerdir. 1500 ppm doğal antioksidan eklenmiş (uçkun, kinoa ve propolis ekstraktları) yağların toplam polar madde miktarları sırasıyla %12.50, %11.50 ve %13.00 olarak tespit edilmiştir [185].

Aladedunye ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, kanola yağına günde 7 saat, 7 gün boyunca kızartma işlemi uygulamışlardır. 49 saatin sonunda toplam polar madde miktarı %19.8 iken, 215°C'de kızartma süresinin sonunda toplam polar madde miktarı %38'e ulaşmıştır [243].

Yılmaz ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, yer fıstığı yağı kullanılarak tekrarlı kızartma işlemi yapılmıştır. Yeşil çay yaprağı, üzüm çekirdeği ve domatesten üretilen ekstraktlar ve BHT+BHA (1:1) antioksidanları yağa ilave edilmiştir. 180°C'de belirli zaman aralıklarında 7 gün boyunca kızartma işlemi uygulanmıştır. BHT+BHA ilave edilen yağ numunesinin toplam polar madde miktarı %18.40 iken 7. günün sonunda %78.25'e ulaşmıştır. Doğal ekstraktlara göre daha düşük toplam polar madde değeri elde edildiği bildirilmiştir [156].

Naghshineh ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada 5 gün süren tekrarlı kızartma işlemi uygulamışlardır. RBD palm yağının başlangıç toplam polar madde miktarı %4.41 iken kızartma işlemi sonrası %20.92 olarak tespit edilmiştir [235].

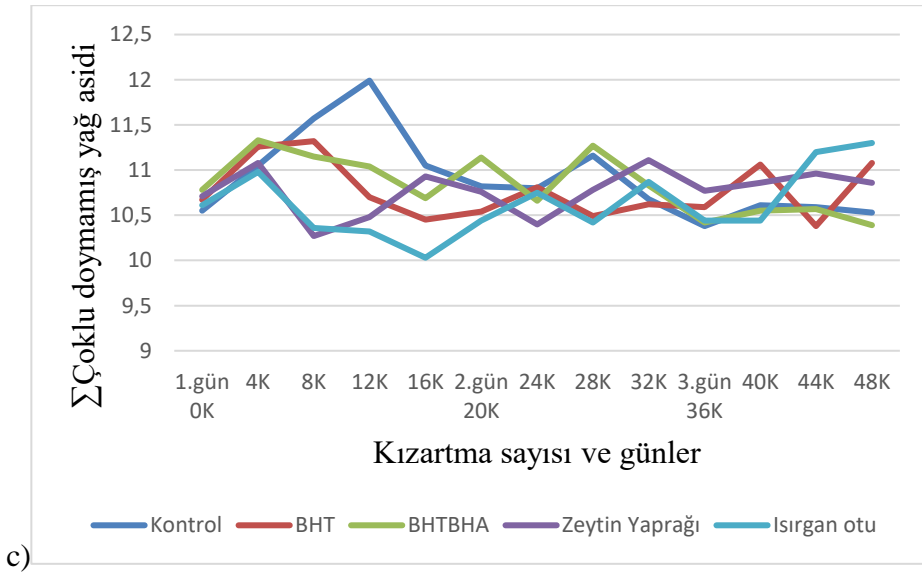
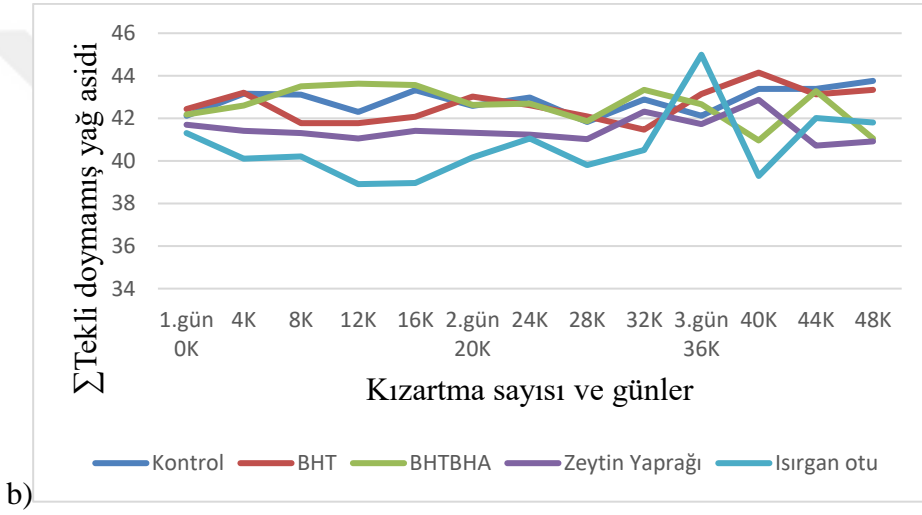
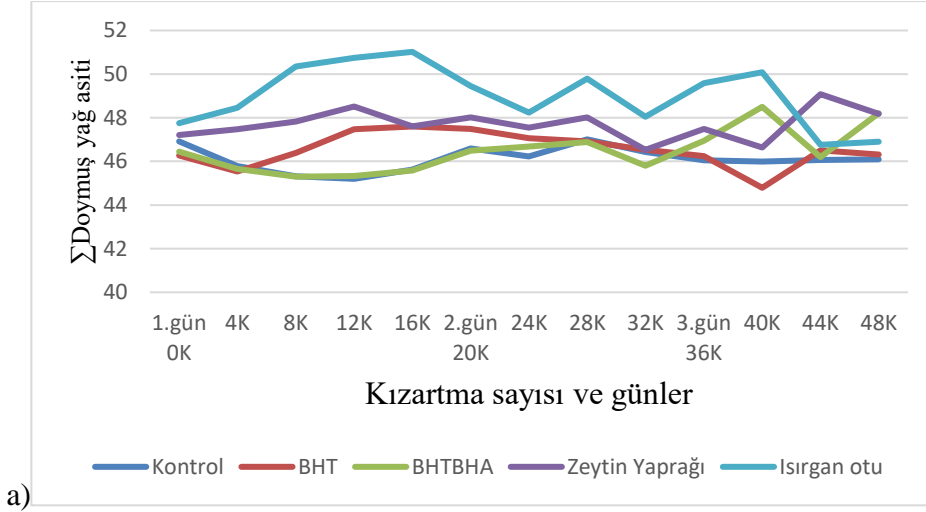
Aydeniz ve Yılmaz (2012) ise zeytin yaprağı, fındık yaprağı, fındık yeşil yapraklı kabuklarından elde edilen ekstraktları kanola yağlarına ilave edilerek kızartma işlemi uygulamışlardır. Toplam polar madde miktarları sırasıyla %10.00, %9.50 ve %9.00 olarak kaydedilmiştir. Kontrol yağının başlangıç toplam polar madde miktarı %9.00 iken 5.gün %23.50, 7.gün ise %45.00'e ulaşmıştır. Zeytin yaprağı ekstraktlı yağ numunesinin 3.gün toplam polar madde miktarı %15.25 iken 7.gün %52.13'e yükselmiştir. Fındık yaprağının ve fındık yeşil yaprak kabuklarından elde edilen ekstraktlı yağ numunelerinin 7.gün toplam polar madde miktarları %44.50 ve %22.12 olarak tespit edilmiştir [244].

Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar literatür ile uyum sağlamaktadır. Toplam polar maddenin kızartma sıcaklığı, kızartma süresi, kızartılan ürün ve yağ çeşidinden etkilendiği görülmektedir. ısırgan otu ve zeytin yaprağı ekstraktlarının katı partikül içermesi toplam polar madde miktarını bir nebze arttırmakla birlikte BHT, BHT+BHA ile çok fark olmadığı görülmüştür.

4.8. Kızartma Yağlarının Yağ Asidi Kompozisyonu

Çalışmamızda kızartma işlemine tabi tutulan kontrol, BHT, BHT+BHA, zeytin yaprağı ve ısırgan otu ekstraktı ilaveli yağların yağ asidi kompozisyonlarının değerleri sırasıyla Tablo 4.8., 4.9., 4.10., 4.11. ve 4.12.'de verilmiştir. Antioksidan çeşidi ve işlem süresine bağlı olarak toplam doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asidi değerlerinin değişimi Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Genel olarak sonuçlar incelendiğinde kızartmanın 3. gününde BHT içeren grubun toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarları kontrol grubuyla çok benzer iken, BHT+BHA, ısırgan otu ve zeytin yaprağı ekstraktı içeren grupların sonuçları birbirine yakın bulunmuştur. Toplam doymuş yağ asidi içeriklerinde ise, ısırgan otu içerikli grup ile kızartma yapılan yağda kontrol grubu ve BHT içerikli grup ile yakın sonuçlar bulunurken, BHT+BHA içeriklilerde çok az artış gözlenmiştir.

Palm yağının baskın yağ asitleri %41.05 palmitik asit (C16:0), %41.49 oleik asit (C18:1), %10.16 linoleik asit (C18:2) ve %4.41 stearik asit (C18:0) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Kızartma süresi boyunca a) Σ Doymuş yağ asidi değişimi b) boyunca Σ Tekli doymamış yağ asidi değişimi c) Σ Çoklu doymamış yağ asidi değişimi

Tablo 4.8. Kontrol grubunun yağ asidi kompozisyonu (%)

Kızartma günleri	Kızartma sayısı ve ortalamaları	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1t	C18:1c	C18:2t	C18:2c	C20:0	C18:3	C20:1	C22:0
	0	0.23±0.01 ^B	0.99±0.00 ^A	41.05±0.00 ^{AB}	0.19±0.00 ^{A,ab}	0.10±0.00 ^{AB}	0.03±0.00 ^A	4.41±0.00 ^A	0.00±0.00 ^a	41.49±0.00 ^A	0.18±0.00 ^A	10.16±0.00 ^{A,ab}	0.05±0.00 ^A	0.22±0.00 ^{AB}	0.05±0.00 ^{A,ab}	0.14±0.00 ^{AB}
1.Gün	4	0.24	0.95	40.00	0.10 ^a	0.10	0.03	4.29	0.01 ^{ab}	42.52	0.18	10.67 ^b	0.06	0.20	0.38 ^{ab}	0.15
	8	0.24	0.95	39.53	0.19 ^{ab}	0.10	0.03	4.30	0.01 ^{ab}	42.38	0.18	11.17 ^{ab}	0.05	0.23	0.39 ^{ab}	0.14
	12	0.23	0.91	38.43	0.20 ^{ab}	0.10	0.03	4.46	0.12 ^{ab}	41.57	0.17	13.00 ^{bc}	0.05	0.32	0.39 ^{ab}	0.14
	16	0.24	0.96	39.88	0.19 ^{ab}	0.10	0.03	4.26	0.07 ^{ab}	42.60	0.18	10.67 ^{ab}	0.05	0.20	0.38 ^{ab}	0.14
	1.gün Ortalama	0.24±0.01 ^C	0.94±0.02 ^{AB}	39.46±0.67 ^A	0.17±0.04 ^A	0.10±0.00 ^A	0.03±0.00 ^{AB}	4.33±0.09 ^A	0.05±0.05 ^{AB}	42.27±0.44 ^C	0.18±0.00 ^{AB}	11.38±1.02 ^B	0.05±0.00 ^A	0.24±0.05 ^B	0.38±0.01 ^A	0.14±0.00 ^A
2.gün	20	0.23	0.95	40.75	0.19 ^{ab}	0.10	0.03	4.36	0.07 ^{ab}	41.90	0.17	10.45 ^{ab}	0.05	0.20	0.38 ^{ab}	0.14
	24	0.24	0.96	40.41	0.19 ^{ab}	0.10	0.03	4.32	0.08 ^{ab}	42.90	0.18	10.43 ^{ab}	0.05	0.19	0.38 ^{ab}	0.15
	28	0.23	0.93	42.97	0.18 ^{ab}	0.11	0.03	4.59	0.10 ^{ab}	42.31	0.17	9.81 ^{ab}	0.05	0.19	0.41 ^{ab}	0.14
	32	0.2	0.96	40.61	0.18 ^{ab}	0.10	0.03	4.34	0.08 ^{ab}	40.11	0.17	10.31 ^{acb}	0.05	0.19	0.38 ^{ab}	0.15
	2. Gün Ortalama	0.23±0.01 ^A	0.95±0.01 ^B	41.18±1.11 ^{AB}	0.19±0.00 ^A	0.10±0.00 ^A	0.03±0.00 ^A	4.40±0.12 ^A	0.09±0.01 ^{AB}	41.81±1.11 ^{AB}	0.17±0.00 ^A	10.25±0.28 ^A	0.05±0.00 ^A	0.19±0.01 ^A	0.39±0.01 ^{AB}	0.14±0.00 ^A
3.gün	36	0.24	0.96	40.14	0.19 ^{ab}	0.10	0.03	4.42	0.08 ^b	41.44	0.17	10.02 ^a	0.05	0.19	0.39 ^b	0.14
	40	0.24	0.96	40.22	0.19 ^b	0.10	0.03	4.28	0.01 ^{ab}	42.67	0.17	10.25 ^{ab}	0.05	0.19	0.37 ^{ab}	0.15
	44	0.24	0.97	40.26	0.19 ^{ab}	0.11	0.03	4.30	0.10 ^{ab}	42.65	0.17	10.21 ^{ab}	0.05	0.21	0.38 ^{ab}	0.15
	48	0.24	0.96	40.27	0.19 ^{ab}	0.10	0.03	4.34	0.09 ^b	42.61	0.17	10.18 ^{ab}	0.05	0.19	0.38 ^a	0.14
	3.Gün Ortalama	0.24±0.00 ^A	0.96±0.00 ^B	40.22±0.05 ^{AB}	0.19±0.00 ^A	0.10±0.00 ^A	0.03±0.00 ^{AB}	4.33±0.06 ^A	0.07±0.04 ^{AB}	42.36±0.57 ^A	0.17±0.00 ^A	10.16±0.09 ^A	0.05±0.00 ^A	0.19±0.01 ^{ABC}	0.38±0.01 ^A	0.14±0.00 ^A
	Genel Ortalama	0.24±0.01 ^B	0.96±0.02 ^B	40.35±0.99 ^A	0.18±0.02 ^{AB}	0.10±0.00 ^A	0.03±0.00 ^{AB}	4.36±0.09 ^A	0.06±0.04 ^{AB}	42.10±0.76 ^B	0.17±0.00 ^A	10.43±0.47 ^A	0.05±0.00 ^A	0.21±0.04 ^A	0.39±0.01 ^A	0.14±0.00 ^{AB}

Aynı sütundaki küçük harfler (a-d) kızartma sayısının, büyük harfler (A-B) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir

Tablo 4.9. BHT grubu yağ asidi kompozisyonu (%)

Kızartma günleri	Kızartma sayısı ve ortalamaları	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1t	C18:1c	C18:2t	C18:2c	C20:0	C18:3	C20:1	C22:0
	0	0.24±0.00 ^B	0.53±0.61 ^A	40.39±0.01 ^A	0.18±0.01 ^{A,ab}	0.09±0.00 ^A	0.03±0.00 ^A	4.44±0.10 ^A	0.0±0.00 ^a	41.83±1.20 ^A	0.19±0.01 ^A	10.29±0.12 ^{A,ab}	0.05±0.00 ^A	0.19±0.03 ^{A,d}	0.39±0.02 ^{A,ab}	0.14±0.00 ^{AB}
1.Gün	4	0.22±0.00	0.88±0.12	40.11±0.99	0.18±0.02 ^a	0.10±0.01	0.03±0.00	4.34±0.09	0.09±0.08 ^{ab}	40.98±2.67	0.17±0.02	11.14±0.33 ^b	0.05±0.01	0.20±0.04	0.43±0.10 ^{ab}	0.13±0.01
	8	0.18±0.00	0.76±0.27	39.91±0.78	0.17±0.05 ^{ab}	0.12±0.01	0.03±0.00	4.29±0.01	0.09±0.08 ^{ab}	41.02±2.67	0.17±0.06	10.45±0.53 ^{ab}	0.06±0.03	0.21±0.10	0.47±0.12 ^{ab}	0.12±0.05
	12	0.21±0.00	0.91±0.06	41.43±3.07	0.20±0.013 ^{ab}	0.11±0.00	0.03±0.01	4.24±0.05	0.06±0.03 ^{ab}	41.06±2.21	0.19±0.04	10.38±1.08 ^{ab}	0.05±0.00	0.21±0.02	0.42±0.01 ^{ab}	0.16±0.00
	16	0.21±0.00	0.84±0.18	41.37±2.48	0.18±0.03 ^{ab}	0.10±0.01	0.03±0.00	4.32±0.12	0.07±0.04 ^{ab}	41.37±2.10	0.16±0.05	10.10±0.86 ^{ab}	0.05±0.01	0.19±0.04	0.45±0.12 ^{ab}	0.1415±0.04
	1.Gün Ortalama	0.21±0.05 ^{AB}	0.84±0.15 ^A	40.70±1.74 ^{AB}	0.18±0.03 ^A	0.11±0.01 ^{AB}	0.03±0.00 ^{AB}	4.83±0.80 ^A	0.08±0.05 ^{AB}	41.11±1.84 ^{BC}	0.17±0.03 ^{AB}	10.52±0.07 ^{AB}	0.05±0.01 ^A	0.20±0.04 ^{AB}	0.44±0.08 ^A	0.13±0.03 ^A
2.gün	20	0.20±0.00	0.83±0.18	41.27±2.48	0.17±0.03 ^{ab}	0.11±0.01	0.03±0.01	4.45±0.28	0.08±0.10 ^{ab}	42.31±0.80	0.15±0.03	10.20±0.64 ^{ab}	0.05±0.01	0.19±0.05	0.44±0.03 ^{ab}	0.13±0.03
	24	0.18±0.00	0.75±0.29	40.39±0.20	0.14±0.09 ^{ab}	0.11±0.03	0.02±0.01	4.40±0.11	0.12±0.10 ^{ab}	44.33±3.50	0.15±0.09	10.49±0.23 ^{ab}	0.06±0.05	0.16±0.09	0.51±0.14 ^{ab}	0.13±0.10
	28	0.21±0.00	0.85±0.14	40.50±1.75	0.18±0.06 ^{ab}	0.09±0.04	0.03±0.01	4.55±0.15	0.11±0.08 ^{ab}	41.27±2.80	0.17±0.06	10.41±0.03 ^{ab}	0.05±0.02	0.18±0.05	0.43±0.06 ^{ab}	0.13±0.04
	32	0.23±0.03	0.92±0.07	43.50±5.04	0.19±0.02 ^{ab}	0.09±0.03	0.03±0.00	4.32±0.02	0.12±0.13 ^{ab}	40.73±2.70	0.18±0.01	10.51±0.03 ^{ab}	0.05±0.02	0.19±0.04	0.39±0.02 ^{ab}	0.15±0.02
	2. Gün Ortalama	0.20±0.06 ^A	0.84±0.16 ^A	41.42±2.60 ^{AB}	0.17±0.05 ^A	0.10±0.02 ^A	0.03±0.01 ^A	4.95±0.83 ^A	0.11±0.08 ^B	42.16±2.45 ^B	0.16±0.04 ^A	10.40±0.29 ^A	0.05±0.02 ^A	0.18±0.05 ^A	0.44±0.07 ^B	0.14±0.03 ^A
3.gün	36	0.23±0.01	0.94±0.02	40.40±0.54	0.18±0.04 ^{ab}	0.08±0.04	0.03±0.00	5.48±1.61	0.16±0.03 ^b	42.38±0.42	0.18±0.02	10.23±0.17 ^a	0.06±0.00	0.21±0.01	0.40±0.01 ^b	0.15±0.00
	40	0.24±0.00	0.96±0.01	39.00±0.55	0.21±0.00 ^b	0.09±0.01	0.03±0.00	4.63±0.42	0.14±0.05 ^{ab}	43.38±1.16	0.17±0.01	10.67±0.40 ^{ab}	0.07±0.02	0.22±0.02	0.38±0.04 ^{ab}	0.17±0.01
	44	0.23±0.02	0.93±0.03	40.57±0.72	0.19±0.00 ^{ab}	0.10±0.06	0.03±0.00	4.31±0.01	0.12±0.00 ^{ab}	42.38±0.70	0.18±0.00	10.01±0.00 ^{ab}	0.06±0.00	0.20±0.00	0.41±0.00 ^{ab}	0.17±0.00
	48	0.13±0.15	0.95±0.05	40.45±0.53	0.19±0.00 ^{ab}	0.09±0.02	0.04±0.00	4.48±0.20	0.16±0.1 ^b	42.64±0.40	0.14±0.03	10.69±0.68 ^{ab}	0.05±0.03	0.22±0.01	0.32±0.07 ^a	0.16±0.01
	3. Gün Ortalama	0.21±0.08 ^A	0.94±0.03 ^{AB}	40.10±0.82 ^A	0.19±0.02 ^A	0.09±0.03 ^A	0.03±0.00 ^B	4.33±0.10 ^A	0.15±0.03 ^C	42.69±0.71 ^A	0.17±0.02 ^A	10.40±0.43 ^A	0.06±0.02 ^A	0.21±0.01 ^C	0.38±0.05 ^A	0.16±0.02 ^A
	Genel Ortalama	0.21±0.06 ^A	0.85±0.20 ^A	40.71±1.79 ^{AB}	0.18±0.03 ^{AB}	0.10±0.02 ^A	0.03±0.01 ^{AB}	4.68±0.67 ^A	0.10±0.07 ^D	41.98±1.80 ^B	0.17±0.03 ^A	10.43±0.47 ^A	0.05±0.02 ^A	0.20±0.04 ^A	0.42±0.07 ^A	0.14±0.03 ^{AB}

Aynı sütundaki küçük harfler (a-b) kızartma sayısının, büyük harfler (A-D) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4.10. BHT+BHA grubu yağ asidi kompozisyonu (%)

Kıvartma günleri	Kıvartma sayısı ve ortalamaları	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1t	C18:1c	C18:2t	C18:2c	C20:0	C18:3	C20:1	C22:0
	0	0.21±0.00 ^{AB}	0.91±0.01 ^A	40.58±0.53 ^A	0.17±0.01 ^{A,ab}	0.11±0.00 ^B	0.04±0.00 ^B	4.44±0.10 ^A	0.00±0.00 ^a	41.52±0.22 ^A	0.18±0.01 ^A	10.36±0.05 ^{A,ab}	0.05±0.00 ^A	0.24±0.01 ^{AB}	0.43±0.01 ^{A,ab}	0.15±0.01 ^B
1.Gün	4	0.23±0.01	0.93±0.03	40.59±1.01	0.19±0.01 ^a	0.10±0.01	0.03±0.00	4.34±0.09	0.09±0.10 ^{ab}	41.92±1.16	0.2±0.00	11.25±0.83 ^b	0.06±0.01	0.27±0.10	0.38±0.04 ^{ab}	0.16±0.01
	8	0.24±0.00	0.96±0.00	39.80±0.78	0.19 ^{ab}	0.11±0.00	0.03±0.01	4.29±0.01	0.09±0.08 ^{ab}	42.84±0.14	0.18±0.02	10.75±0.07 ^{ab}	0.06±0.00	0.22±0.01	0.38±0.01 ^{ab}	0.16±0.00
	12	0.24±0.01	0.96±0.01	39.57±0.19	0.20±0.01 ^{ab}	0.12±0.01	0.04±0.01	4.24±0.05	0.07±0.09 ^{ab}	42.95±0.02	0.20±0.03	10.64±0.06 ^{ab}	0.06±0.01	0.20±0.01	0.37±0.01 ^{ab}	0.15±0.01
	16	0.23±0.01	0.94±0.02	39.78±0.10	0.20±0.02 ^{ab}	0.10±0.01	0.03±0.01	4.32±0.12	0.08±0.06 ^{ab}	42.87±0.19	0.20±0.04	10.28±0.47 ^{ab}	0.06±0.01	0.21±0.01	0.38 ^{ab}	0.15±0.01
	1. Gün Ortalama	0.23±0.01 ^{BC}	0.95±0.02 ^B	39.94±0.64 ^A	0.19±0.01 ^A	0.11±0.01 ^{AB}	0.03±0.01 ^B	4.30±0.07 ^A	0.09±0.06 ^B	42.65±0.63 ^C	0.19±0.02 ^B	10.73±0.52 ^{AB}	0.06±0.01 ^A	0.22±0.05 ^{AB}	0.38±0.02 ^A	0.16±0.01 ^A
2.gün	20	0.20±0.05	0.92±0.05	40.36±1.34	0.19±0.03 ^{ab}	0.10±0.01	0.03±0.00	4.45±0.28	0.08±0.07 ^{Cab}	42.01±1.44	0.19±0.04	10.77±0.21 ^{ab}	0.62±0.01	0.19±0.02	0.34±0.07 ^{ab}	0.16±0.02
	24	0.23±0.00	0.95±0.02	40.77±0.58	0.20±0.01 ^{ab}	0.11±0.01	0.04±0.01	4.40±0.11	0.07±0.04 ^{ab}	42.01±0.71	0.18±0.00	10.29±0.10 ^{ab}	0.56±0.01	0.19±0.01	0.38±0.01 ^{ab}	0.16±0.01
	28	0.22±0.01	0.91±0.02	40.90±1.79	0.18±0.02 ^{ab}	0.11±0.00	0.03±0.00	4.55±0.15	0.06±0.06 ^{ab}	41.43±1.05	0.17±0.01	10.63±0.69 ^{ab}	0.05±0.00	0.21±0.06	0.42±0.02 ^{ab}	0.14±0.02
	32	0.23±0.00	0.95±0.00	40.01±0.56	0.20±0.01 ^{ab}	0.10±0.00	0.03±0.01	4.32±0.02	0.08±0.04 ^{ab}	42.67±0.29	0.20±0.02	10.43±0.21 ^{abc}	0.05±0.00	0.20±0.02	0.37±0.02 ^{ab}	0.14±0.00
	2. Gün Ortalama	0.22±0.02 ^A	0.93±0.28 ^{AB}	40.51±0.98 ^A	0.19±0.02 ^A	0.10±0.01 ^A	0.03±0.01 ^A	4.43±0.16 ^A	0.07±0.04 ^{AB}	42.03±0.87 ^B	0.18±0.02 ^A	10.53±0.35 ^A	0.05±0.01 ^A	0.20±0.03 ^A	0.38±0.04 ^A	0.15±0.01 ^A
3.gün	36	0.23±0.01	0.92±0.03	41.27±2.08	0.20±0.03 ^{ab}	0.10±0.01	0.03±0.03	5.48±1.61	0.07±0.07 ^b	41.49±1.92	0.18±0.01	10.30±0.11 ^a	0.46±0.00	0.19±0.02	0.38±0.03 ^b	0.16±0.04
	40	0.21±0.03	0.90±0.09	42.43±2.91	0.19±0.00 ^b	0.11±0.01	0.04±0.04	4.63±0.42	0.10±0.01 ^{ab}	40.24±3.33	0.16±0.01	10.20±0.10 ^{ab}	0.05±0.01	0.21±0.03	0.40±0.04 ^{ab}	0.18±0.05
	44	0.23±0.01	0.95±0.01	40.38±0.43	0.20±0.02 ^{ab}	0.10±0.01	0.03±0.03	4.31±0.01	0.08±0.08 ^{ab}	42.57±0.60	0.18±0.00	10.19±0.07 ^{ab}	0.06±0.01	0.20±0.01	0.39±0.03 ^{ab}	0.17±0.02
	48	0.22±0.00	0.91±0.01	42.21±2.81	0.18±0.01 ^{ab}	0.10±0.00	0.03±0.03	4.48±0.20	0.08±0.09 ^b	40.38±2.08	0.16±0.00	10.36±0.73 ^{ab}	0.13±0.12	0.19±0.01	0.39±0.02 ^a	0.14±0.02
	3. Gün ortalama	0.22±0.01 ^A	0.92±0.04 ^{AB}	41.57±1.93 ^{AB}	0.19±0.01 ^A	0.10±0.01 ^A	0.03±0.01 ^B	4.72±0.80 ^A	0.08±0.05 ^B	41.17±1.95 ^A	0.17±0.01 ^A	10.26±0.29 ^A	0.07±0.06 ^A	0.20±0.02 ^{BC}	0.39±0.02 ^A	0.16±0.03 ^A
	Genel Ortalama	0.23±0.02 ^{AB}	0.93±0.03 ^{AB}	40.67±1.37 ^{AB}	0.19±0.01 ^B	0.10±0.01 ^A	0.03±0.01 ^B	4.48±0.47 ^A	0.07±0.05 ^C	41.92±1.33 ^B	0.18±0.02 ^A	10.50±0.41 ^A	0.06±0.03 ^A	0.21±0.03 ^A	0.39±0.03 ^A	0.16±0.02 ^B

Aynı sütundaki küçük harfler (a-b) kıvartma sayısının, büyük harfler (A-C) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4.11. Zeytin yaprağı grubu yağ asidi kompozisyonu (%)

Kızartma günleri	Kızartma sayısı ve ortalamaları	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1t	C18:1c	C18:2t	C18:2c	C20:0	C18:3	C20:1	C22:0
	0	0.23±0.00 ^{BC}	0.92±0.01 ^A	41.16±0.06 ^{AB}	0.18±0.00 ^{A,ab}	0.11±0.00 ^B	0.03±0.00 ^A	4.60±0.01 ^A	0.0±0.00 ^a	41.08±0.28 ^A	0.19±0.01 ^A	10.26±0.07 ^{A,ab}	0.06±0.00 ^A	0.26±0.01 ^B	0.40±0.01 ^{A,ab}	0.13±0.01 ^A
1.Gün	4	0.21±0.01	0.88±0.02	41.19±0.01	0.17±0.01 ^a	0.11±0.00	0.03±0.00	4.64±0.22	0.05±0.00 ^{ab}	40.81±1.37	0.17±0.00	10.67±0.45 ^b	0.05±0.01	0.24±0.05	0.42±0.03 ^{ab}	0.14±0.00
	8	0.20±0.00	0.86±0.01	41.60±0.05	0.16±0.00 ^{ab}	0.11±0.00	0.03±0.00	4.88±0.10	0.01±0.00 ^{ab}	40.61±0.27	0.15±0.01	9.89±0.79 ^{ab}	0.04±0.00	0.22±0.05	0.45±0.01 ^{ab}	0.14±0.01
	12	0.22±0.01	0.91±0.03	42.59±3.30	0.17±0.017 ^{ab}	0.1±0.02	0.03±0.01	4.49±0.29	0.06±0.04 ^{ab}	40.39±2.86	0.18±0.00	10.10±0.71 ^{ab}	0.05±0.00	0.20±0.03	0.41±0.05 ^{ab}	0.08±0.09
	16	0.22±0.00	0.91±0.02	41.83±0.29	0.18±0.00 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.35±0.1	0.03±0.03 ^{ab}	40.80±0.14	0.18±0.00	10.58±0.46 ^{ab}	0.05±0.00	0.18±0.01	0.39±0.02 ^{ab}	0.15±0.02
	1.gün Ort.	0.21±0.01 ^{ABC}	0.89±0.03 ^{AB}	41.80±1.37 ^B	0.17±0.01 ^A	0.10±0.01 ^{AB}	0.03±0.00 ^A	4.59±0.27 ^A	0.04±0.03 ^{AB}	40.65±1.22 ^B	0.17±0.01 ^B	10.31±0.58 ^A	0.05±0.01 ^A	0.21±0.04 ^{AB}	0.42±0.03 ^A	0.13±0.05 ^A
2.gün	20	0.22±0.01	0.93±0.04	42.10±1.44	0.17±0.00 ^{ab}	0.11±0.01	0.06±0.05	4.44±0.15	0.04±0.03 ^{ab}	40.65±1.18	0.18±0.01	10.31±0.29 ^{ab}	0.05±0.01	0.26±0.09	0.41±0.02 ^{ab}	0.14±0.04
	24	0.21±0.02	0.88±0.05	41.55±0.36	0.17±0.01 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.60±0.20	0.02±0.01 ^{ab}	40.68±0.28	0.16±0.01	10.31±0.18 ^{ab}	0.05±0.00	0.18±0.02	0.35±0.1 ^{ab}	0.14±0.01
	28	0.21±0.03	0.90±0.04	42.27±0.63	0.18±0.00 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.62±0.32	0.05±0.03 ^{ab}	40.36±0.70	0.16±0.02	10.42±0.06 ^{ab}	0.05±0.00	0.19±0.02	0.42±0.4 ^{ab}	0.13±0.00
	32	0.22±0.01	0.93±0.01	40.74±1.41	0.18±0.00 ^{ab}	0.10±0.01	0.03±0.00	4.38±0.08	0.02±0.01 ^{ab}	41.70±1.17	0.16±0.01	10.75±0.26 ^{ab}	0.04±0.01	0.20±0.01	0.38±0.01 ^{ab}	0.15±0.00
	2. Gün Ort.	0.22±0.01 ^A	0.91±0.04 ^{AB}	41.67±1.03 ^{AB}	0.18±0.01 ^A	0.10±0.01 ^A	0.04±0.02 ^A	4.51±0.19 ^A	0.03±0.02 ^A	40.85±0.88 ^{AB}	0.17±0.14 ^A	10.45±0.25 ^A	0.05±0.01 ^A	0.21±0.05 ^A	0.39±0.04 ^{AB}	0.15±0.21 ^A
3.gün	36	0.22±0.00	0.92±0.01	41.64±0.07	0.18±0.00 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.42±0.02	0.05±0.00 ^b	41.05±0.05	0.18±0.01	10.41±0.02 ^a	0.04±0.00	0.18±0.00	0.40±0.00 ^b	0.15±0.00
	40	0.23±0.01	0.95±0.02	40.84±0.43	0.19±0.00 ^b	0.11±0.01	0.03±0.00	4.14±0.2	0.04±0.04 ^{ab}	42.23±0.71	0.18±0.01	10.49±0.45 ^{ab}	0.05±0.01	0.19±0.01	0.38±0.00 ^{ab}	0.1595±0.01
	44	0.21±0.02	0.88±0.07	42.89±3.28	0.16±0.04 ^{ab}	0.12±0.02	0.03±0.01	4.80±0.63	0.02±0.00 ^{ab}	35.08±9.43	0.16±0.02	10.64±0.39 ^{ab}	0.05±0.00	0.17±0.02	0.43±0.09 ^{ab}	0.1335±0.02
	48	0.21±0.02	0.90±0.06	42.12±3.55	0.17±0.01 ^{ab}	0.11±0.01	0.03±0.01	4.62±0.38	0.03±0.04 ^b	40.53±2.34	0.15±0.01	10.54±0.72 ^{ab}	0.05±0.01	0.17±0.02	0.20±0.24 ^a	0.1650±0.03
	3. Gün Ort.	0.22±0.02 ^A	0.91±0.04 ^{AB}	41.87±2.00 ^{AB}	0.17±0.02 ^A	0.11±0.01 ^A	0.03±0.00 ^A	4.49±0.39 ^A	0.03±0.02 ^{AB}	39.72±4.71 ^A	0.17±0.02 ^A	10.52±0.37 ^A	0.05±0.01 ^A	0.18±0.01 ^A	0.35±0.14 ^A	0.15±0.02 ^A
	Genel Ortalama	0.22±0.01 ^{AB}	0.90±0.04 ^{AB}	41.73±1.40 ^B	0.17±0.01 ^A	0.11±0.01 ^A	0.03±0.01 ^{AB}	4.54±0.27 ^A	0.03±0.02 ^{AB}	40.46±2.67 ^A	0.17±0.14 ^A	10.41±0.40 ^A	0.05±0.01 ^A	0.20±0.04 ^A	0.39±0.08 ^A	0.14±0.03 ^{AB}

Aynı sütundaki küçük harfler (a-b) kızartma sayısının, büyük harfler (A-C) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4.12. Isırgan otu grubu yağ asidi kompozisyonu (%)

Kızartma günleri	Kızartma sayısı ve ortalamaları	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1t	C18:1c	C18:2t	C18:2c	C20:0	C18:3	C20:1	C22:0
	0	0.21±0.01 ^A	0.90±0.01 ^A	41.64±0.05 ^B	0.17±0.00 ^{A,ab}	0.12±0.00 ^B	0.03±0.00 ^A	4.70±0.01 ^A	0.0±0.00 ^a	40.70±0.30 ^A	0.18±0.00 ^A	10.22±0.10 ^{A,ab}	0.07±0.02 ^A	0.21±0.01 ^{AB}	0.41±0.00 ^{A,ab}	0.1170±0.01 ^A
1.Gün	4	0.19±0.01	0.85±0.04	42.60±0.56	0.16±0.00 ^a	0.11±0.00	0.03±0.00	4.78±0.01	0.02±0.01 ^{ab}	39.22±1.02	0.16±0.00	10.64±0.45 ^b	0.05±0.00	0.18±0.00	0.42±0.00 ^{ab}	0.13±0.00
	8	0.21±0.00	0.89±0.00	43.34±1.48	0.16±0.07 ^{ab}	0.12±0.02	0.03±0.00	4.63	0.02±0.01 ^{ab}	39.42±0.63	0.17±0.01	10.00±0.33 ^{ab}	0.09±0.05	0.19±0.00	0.33±0.12 ^{ab}	0.13±0.02
	12	0.20±0.01	0.85±0.03	44.57±1.74	0.16±0.00 ^{ab}	0.11±0.01	0.03±0.0	4.84±0.11	0.02±0.01 ^{ab}	38.52±1.10	0.15±0.01	9.99±0.84 ^{ab}	0.04±0.00	0.17±0.00	0.43±0.03 ^{ab}	0.14±0.01
	16	0.20±0.00	0.86±0.02	45.10±1.13	0.18±0.00 ^{ab}	0.11±0.01	0.03±0.00	4.57±0.03	0.01±0.0 ^{ab}	38.56±0.90	0.16±0.00	9.69±0.12 ^{ab}	0.05±0.00	0.18±0.00	0.40±0.01 ^{ab}	0.13±0.00
	1. Gün Ortalama	0.20±0.01 ^A	0.86±0.03 ^{AB}	43.90±1.44 ^C	0.16±0.01 ^A	0.11±0.01 ^B	0.03±0.03 ^A	4.71±0.12 ^A	0.02±0.01 ^A	38.88±0.85 ^A	0.16±0.01 ^A	10.08±0.53 ^A	0.06±0.01 ^A	0.18±0.01 ^A	0.40±0.06 ^A	0.13±0.01 ^A
2.gün	20	0.21±0.01	0.89±0.00	43.50±0.94	0.17±0.00 ^{ab}	0.11±0.01	0.03±0.00	4.53±0.04	0.04±0.01 ^{ab}	39.54±0.60	0.17±0.01	10.06±0.18 ^{ab}	0.05±0.00	0.22±0.02	0.40±0.02 ^{ab}	0.15±0.01
	24	0.22±0.01	0.90±0.00	42.34±0.27	0.18±0.00 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.46±0.01	0.03±0.01 ^{ab}	40.40±0.22	0.18±0.01	10.38±0.07 ^{ab}	0.05±0.00	0.19±0.01	0.39±0.01 ^{ab}	0.15±0.00
	28	0.22±0.01	0.90±0.04	43.76±1.78	0.17±0.01 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.63±0.11	0.03±0.02 ^{ab}	39.16±1.48	0.16±0.01	10.08±0.41 ^{ab}	0.05±0.00	0.18±0.00	0.41±0.01 ^{ab}	0.13±0.01
	32	0.22±0.01	0.92±0.02	42.12±1.37	0.18±0.01 ^{ab}	0.11±0.00	0.03±0.00	4.49±0.12	0.04±0.04 ^{ab}	40.43±1.11	0.17±0.03	10.50±0.31 ^{ab}	0.05±0.01	0.20±0.00	0.39±0.00 ^{ab}	0.07±0.10
	2. Gün Ortalama	0.22±0.01 ^A	0.90±0.02 ^{AB}	42.93±1.20 ^B	0.18±0.00 ^A	0.11±0.00 ^A	0.03±0.00 ^A	4.53±0.09 ^A	0.03±0.02 ^A	39.88±0.94 ^A	0.17±0.01 ^A	10.26±0.29 ^A	0.05±0.00 ^A	0.20±0.02 ^A	0.40±0.01 ^{AB}	0.12±0.05 ^A
3.gün	36	0.21±0.02	0.88±0.06	43.62±3.08	0.17±0.01 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.59±0.34	0.05±0.02 ^b	39.33±2.48	0.17±0.01	10.09±0.84 ^a	0.05±0.00	0.18±0.01	0.64±0.30 ^b	0.1330±0.20
	40	0.22±0.01	0.72±0.24	44.20±2.47	0.17±0.00 ^b	0.11±0.01	0.03±0.00	4.67±0.23	0.02±0.00 ^{ab}	38.67±2.15	0.15±0.00	10.11±0.56 ^{ab}	0.05±0.00	0.18±0.01	0.41±0.01 ^{ab}	0.13±0.00
	44	0.22±0.00	0.92±0.01	40.93±0.57	0.18±0.00 ^{ab}	0.10±0.01	0.03±0.00	4.38±0.04	0.02±0.01 ^{ab}	41.41±0.60	0.17±0.00	10.85±0.04 ^{ab}	0.05±0.00	0.18±0.00	0.38±0.02 ^{ab}	0.14±0.00
	48	0.22±0.00	0.92±0.00	41.02±0.15	0.18±0.01 ^{ab}	0.1±0.00	0.03±0.00	4.44±0.05	0.02±0.00 ^b	41.21±0.13	0.18±0.01	10.90±0.08 ^{ab}	0.05±0.00	0.18±0.00	0.37±0.02 ^a	0.15±0.01
	3. Gün Ortalama	0.22±0.01 ^A	0.86±0.13 ^A	42.44±2.19 ^B	0.17±0.01 ^A	0.10±0.00 ^A	0.03±0.00 ^{AB}	4.52±0.20 ^A	0.03±0.02 ^A	40.16±1.79 ^A	0.17±0.01 ^A	10.49±0.56 ^A	0.05±0.00 ^A	0.18±0.01 ^{AB}	0.45±0.16 ^A	0.14±0.01 ^A
	Genel Ortalama	0.211±0.01 ^A	0.88±0.07 ^{AB}	41.29±1.75 ^C	0.17±0.01 ^A	0.11±0.01 ^A	0.03±0.00 ^A	4.59±0.16 ^A	0.02±0.02 ^A	39.72±1.31 ^A	0.17±0.01 ^A	10.27±0.47 ^A	0.05±0.02 ^A	0.19±0.01 ^A	0.41±0.10 ^A	0.13±0.03 ^A

Aynı sütündeki küçük harfler (a-b) kızartma sayısının, büyük harfler (A-B) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Ceylan (2020) tarafından yapılan çalışmada, 180 °C’de ticari kızartma yağı, palm olein yağı ve rafine fındık yağı kullanılarak tekrarlı kızartma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde palm olein yağında baskın olan yağ asitlerinin sırasıyla oleik (%40.14), palmitik (%30.93) ve linoleik asitler (%15.16) olduğu belirlenmiştir. Kızartma işlemi boyunca baskın olarak belirtilen yağ asitlerinde önemli bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Çalışmada 1000 ppm ve 1500 ppm ilave edilen kızartma yağlarında işlem sonrası palmitoleik asit miktarında azalma olduğu görülmüştür ($p<0.05$) [192].

Naghshineh ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, 5 gün süren tekrarlı kızartma işlemi uygulamışlardır. Sonuçlara göre başlıca yağ asitlerinin palmitik (%21.2–40.27), oleik (%42.69–59.04) ve linoleik asitler (%8.96–11,20) olduğu tespit edilmiştir [235].

Zribi ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, rafine palm, rafine zeytinyağı ve soya yağlarının belirli oranlarda (80:20 rafine zeytinyağı/palm yağı ve rafine soya yağı/palm yağı) karıştırarak tekrarlı kızartma işlemi uygulamışlardır. Sonuçlara göre palm yağının baskın olan yağ asitleri sırasıyla oleik asit (%37.66), palmitik asit (%43.96) ve linoleik asit (%11.87) olarak tespit edilmiştir [229].

Bansal ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, kızartma yağına farklı gıda ürünleri (tavuk kanadı ve patates) kullanılarak palm yağının (RBD) kızartma performansı irdelenmiştir. Palm olein yağında palmitik asit (C16:0) %32.57, oleik asit (C18:1) %42.47, stearik asit (C18:0) %3 ve linoleik asit (C18:2) %17.02 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlara göre palmitik asit artarken, linoleik asitte azalma tespit edilmiştir. Palm oleindeki palmitik asit artışının, linoleik asitteki azalmaya bağlı olabileceği ifade edilmiştir. Palmitik asit oksidasyona karşı daha kararlı iken, linoleik asidin oksidasyona karşı hassas olduğu bildirilmiştir [183].

Khor ve ark. (2019) palm olein ile yaptıkları çalışmada palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve linoleik asit miktarlarını sırasıyla %39.80, %4.19, %43,90 ve %10.33 olarak tespit etmişlerdir [57].

Çalışmamızda elde edilen yağ asidi kompozisyonu diğer çalışmalar ile yakın sonuçlara sahiptir [229,235]. BHT+BHA, zeytin yaprağı grupların palmitik asit oranının arttığı fakat kontrol, BHT ve ısırğan otu gruplarında önemli bir fark olmadığı gözlemlenmiştir. Tüm gruplar için linoleik asitte önemli bir değişim olmadığı görülmüştür.

4.9. Kızartma Yağlarının DPPH Metodu ile Antioksidan Aktivite Miktarları

Serbest radikaller yağların okside olmasında önemli bir etkiye sahiptir. DPPH (1,1- difenil-2- pikrilhidrazil) bilinen serbest ve kararlı radikallerden birisidir. Ortamdan hidrojen ya da elektronları kendisine bağlayarak indirgeme özelliği taşımaktadır [192].

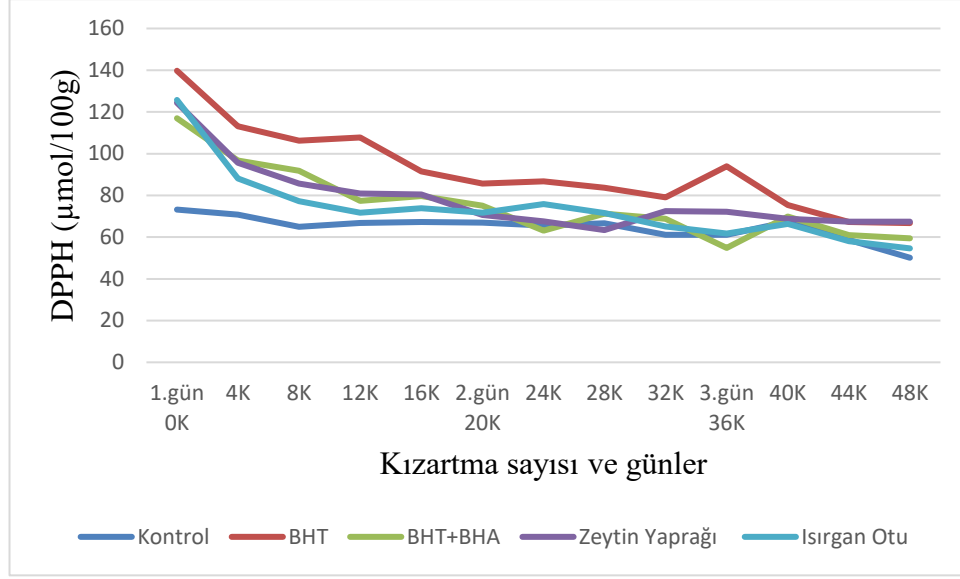
Çalışmamızda; BHT, BHA, zeytin yaprağı, ısırgan otu ekstraktı ve her bir yağ numunesinde DPPH antioksidan aktivite değerleri tespit edilmiştir. Her bir antioksidan kaynağı için ortamda oluşan (DPPH) inhibisyon yüzdeleri ve trolox eşdeğerleri Tablo 4.13’de gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Örneklerin % inhibisyon ve troloks eşdeğer/g değerleri

Örnek	% inhibisyon	DPPH (mM Trolox in100g)
BHT	46,01±0,38 ^a	1589,83 ± 24,11 ^a
BHA+BHA	94,25±0,28 ^d	6158,27 ± 67,52 ^d
Zeytin Yaprağı	91,20±0,19 ^b	4404,73 ± 77,78 ^b
Isırgan Otu	92,83±0,19 ^c	5181,78 ± 5016 ^c

Aynı kolonda üst simge olarak verilen farklı harfler (a-d) ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların antioksidan aktivite değerleri Tablo 4.14’de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak antioksidan aktivitelerinin değişimi Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Çalışmamızda zeytin yaprağı ekstraktı ve ısırgan otu ekstraktı konulan yağ numunelerinin başlangıç değerlerinin benzer olduğu görülmüştür. Palm yağlarına katılan BHT, BHT+BHA, zeytin ve ısırgan otu ekstraktlarının başlangıç antioksidan aktivite değerleri sırasıyla; 139.75, 116.98, 124.39 ve 125,75 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ olarak bulunmuştur. 1. gün ortalama sonuçları incelendiğinde en yüksek değer 104.64 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ile BHT grubunda, en düşük değer ise 67.46 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. 2. gün ortalamalarına bakıldığında da en yüksek değer 83.75 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ile BHT grubunda, en düşük değer ise 65.07 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ile kontrol grubunda olduğu görülmüştür. 3. gün ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek 75. 83 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ile BHT grubunda en düşük değer 59.32 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ile kontrol grubunda olduğu gözlemlenmiştir. Antioksidan çeşidinin 1. ve 2. gün ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Genel ortalama değerlerine bakıldığında kızartma işleminin ve antioksidan çeşidinin yağların antioksidan aktivite değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p <0.05$).



Şekil 4.9. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların DPPH miktarlarının antioksidan çeşidi ve işlem sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4.14. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların DPPH antioksidan aktivite değerleri

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^d	73.20±0.03 ^A	139.75±0.00 ^E	116.98±0.00 ^B	124.39±0.00 ^C	125.75±0.00 ^D
1.gün	4 ^{cd}	70.75±0.00	113.15±28.99	96.67±3.54	95.57±6.17	88.19±4.87
	8 ^{bc}	64.98±0.00	106.22±17.12	91.81±12.52	85.61±5.17	77.27±6.00
	12 ^{abc}	66.86±0.00	107.74±33.44	77.43±10.68	80.93±11.29	71.65±2.25
	16 ^{abc}	67.25±0.00	91.45±15.91	79.64±8.33	80.40±4.45	73.79±0.47
	1. Gün Ortalama	67.46±2.23 ^A	104.64±20.78 ^C	86.39±11.18 ^B	85.63±8.52 ^B	77.76±7.46 ^{AB}
2.gün	20 ^{abc}	66.93±0.00	85.64±24.37	75.07±1.10	70.65±17.53	71.64±2.78
	24 ^{abc}	65.58±0.00	86.67±38.18	63.08±1.86	67.55±6.73	75.79±3.86
	28 ^{abc}	66.71±0.00	83.69±36.36	71.18±4.83	63.38±16.88	71.61±3.72
	32 ^{abc}	61.06±0.00	79.02±35.17	68.75±8.09	72.52±2.89	65.10±3.18
	2. Gün Ortalama	65.07±2.53 ^A	83.75±25.86 ^B	69.52±5.91 ^{AB}	68.52±10.29 ^{AB}	71.03±4.83 ^{AB}
3. gün	36 ^{ab}	61.07±0.00	93.95±57.59	54.82±3.40	72.13±7.50	61.67±1.23
	40 ^{abc}	67.40±0.00	75.36±36.78	69.80±23.24	68.79±9.77	66.39±2.44
	44 ^{ab}	58.67±0.00	67.27±29.23	60.92±11.24	67.47±0.11	58.04±12.04
	48 ^a	50.12±0.00	66.73±27.25	59.40±5.61	67.35±1.60	54.60±10.63
	3. Gün Ortalama	59.32±6.62 ^A	75.83±32.15 ^A	61.24±11.62 ^A	68.94±5.13 ^A	60.18±7.73 ^A
	Genel Ortalama	64.66±5.74 ^A	92.05±30.60 ^C	75.81±18.29 ^{AB}	78.21±17.41 ^B	73.96±17.93 ^{AB}

Aynı sütundaki küçük harfler (a-d) kızartma sayısının, büyük harfler (A-E) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Zhang ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, BHA ve BHT antioksidanların % inhibisyonları sırasıyla 71.28 ve 53.29 olarak tespit edilmiştir [224].

Yılmaz ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada yer fıstığı yağı kullanılarak tekrarlı kızartma işlemi uygulanmıştır. Yeşil çay yaprağı, üzüm çekirdeği ve domatesten üretilen ekstraktlar yağa ilave edilmiştir. 180°C'de belirli zaman aralıklarında 7 gün boyunca kızartma işlemi uygulanmıştır. Yapay antioksidan kaynağı olarak BHT, BHA kullanılmıştır. BHT+ BHA (1:1) antioksidan kapasitesi 1045.90 µmol/100g, yeşil çay ekstraktı 1442.22 µmol/100g, likopen ekstraktı 76.341 µmol/100g ve üzüm çekirdeği ekstraktı 6251.95 µmol/100g olarak belirlenmiştir [156].

Topuz (2019) yaptığı çalışmada zeytin çeşidi yapraklarının antioksidan aktivitelerini incelemiştir. Antioksidan aktiviteleri domat>tirilye>edremit olarak tespit edilmiştir. Zeytin yaprağı ham ekstraktı sırasıyla 206.27, 149.93, 109.27 mg TE/g ekstrakt olarak bulunmuştur [245].

Difonza ve ark. (2019), zeytin yapraklarından (taze, dondurularak kurutulmuş, sıcak hava ile kurutulmuş) farklı çözücüler kullanarak elde ettikleri ekstraktların DPPH antioksidan aktivite değerlerini 277.0-922.0 µmol TE/g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir [246].

Sarıca (2015) tarafından yapılan bir çalışmada BHT'nin % inhibisyon değeri 50.5 olarak tespit edilmiştir [221].

Ramadan ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada 16 saat boyunca derin yağda kızartma işlemi uygulanmıştır. Farklı yağlar (pamuk + palm olein, ayçiçek + palm olein) 1:1 oranında karıştırılmıştır. Kızartma sonrası DPPH radikallerinin ayçiçek + palm olein karışımında %71 oranında azalma gösterirken, pamuk + palm olein karışımı %65 oranında azalma göstermiştir [247].

Tangpanithandee ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada kızartma işlemi uyguladıkları palm yağının DPPH değerini 89.48 µmol TE/100 g yağ olarak tespit etmişlerdir [248].

Büyükyılmaz ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ayçiçek yağına BHA eklenmiş ve oksidasyon sonunda %24 oranında antioksidan aktiviteyi arttırdığı bildirilmiştir [249].

Yaşkıran (2021), DPPH antioksidan aktiviteyi portakal albedosu ekstraktında %32.95, greylift albedosu ekstraktında %32.01, limon albedosu ekstraktında %38.83

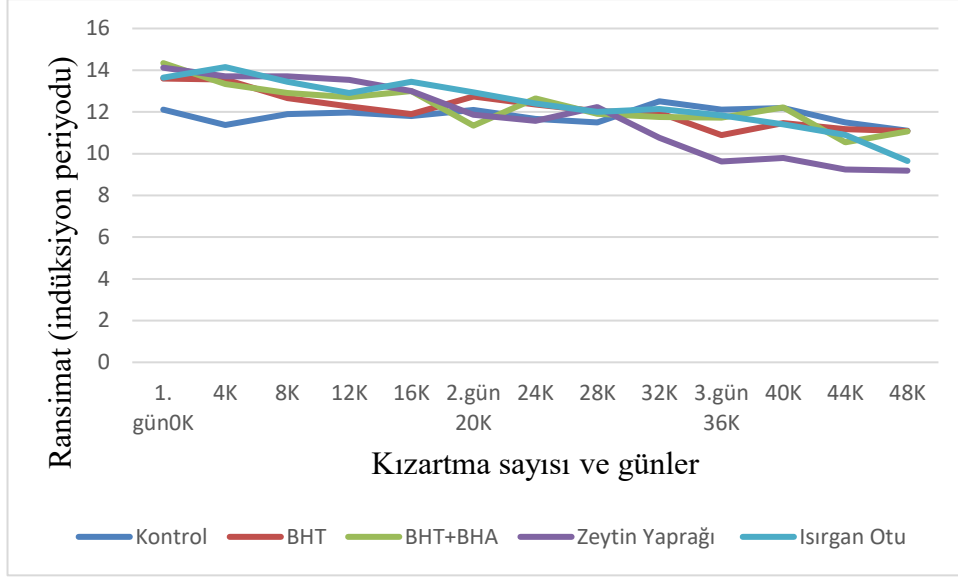
ve BHT ekstraktında %20.09 olarak tespit etmişlerdir. En düşük değeri BHT'nin aldığı bildirilmiştir [250].

Waghmare ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada 4 gün boyunca belirli aralıklar ile kızartma işlemi uygulamışlardır. DPPH antioksidan aktivite değerini kızartma işleminin ilk günü 120.16 $\mu\text{M}/\text{ml}$, ikinci günü 78.13 $\mu\text{M}/\text{ml}$, üçüncü günü 47.99 $\mu\text{M}/\text{ml}$ ve dördüncü gün işlem sonu 26.75 $\mu\text{M}/\text{ml}$ olarak tespit etmişlerdir. Önemli bir düzeyde değişiklik gözlemlendiği bildirilmiştir [251].

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerin literatüre göre daha yüksek ya da yakın değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kızartma işleminin uzunluğu, kızartma sayısı, kızartılan ürün miktarı, ürün cinsi gibi faktörler yağın içeriğindeki antioksidan aktiviteyi etkilemektedir.

4.10. Kızartma Yağlarının Ransimat Değerleri

Ransimat analizi, kızartmada kullanılan katı ve sıvı yağların oksidatif stabilitesini belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Oksidasyon direncindeki değişikliklerin doğrudan bir kanıtıdır [252]. Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların ransimat değerleri Tablo 4.15'de, yağın içine ilave edilen antioksidanların ve işlem farklılığına bağlı olarak ransimat değerlerindeki değişim Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Çalışmamızda tüm gruplar incelendiğinde; başlangıç numuneleri için BHT+BHA karışımının 14.34 ile en yüksek indüksiyon periyoduna sahip olduğu ardından 14.12 ile zeytin yaprağının takip ettiği görülmektedir. Isırgan ve BHT grubunun başlangıç değerleri ise birbirine benzerdir. Kontrol grubunun başlangıç değeri, diğer yapay ve doğal antioksidanlara göre en düşük indüksiyon periyoduna sahiptir. 1. gün ortalama değerlerine bakıldığında en yüksek değer 13.49 ile doğal antioksidan içerikli gruplarda olduğu, 11.77 ile kontrol grubunun en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. 2. gün ortalama değerlerine bakıldığında ise sonuçların birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 3. gün ortalama değerleri incelendiğinde ise en yüksek değer kontrol grubunda, en düşük değer ise zeytin yaprağı grubunda elde edilmiştir. Antioksidan çeşidinin 1. ve 3. gün ortalama değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Genel ortalama değerlerine bakıldığında kızartma işleminin ve antioksidan çeşidinin yağların ransimat değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.10. Kızartma yağlarının ransimat değerleri

Tablo 4.15. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların ransimat değerleri

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ⁱ	12.11±0.01 ^A	13.60±0.14 ^B	14.34±0.01 ^C	14.12±0.01 ^C	13.65±0.01 ^B
1.gün	4 ^{hi}	11.3800±0.0	13.55±0.17	13.34±0.16	13.71±0.56	14.15±0.92
	8 ^{ghi}	11.90±0.03	12.67±0.04	12.92±0.16	13.71±0.21	13.44±0.71
	12 ^{fgh}	11.98±0.01	12.27±0.05	12.72±0.23	13.55±0.28	12.91±1.19
	16 ^{efgh}	11.81±0.01	11.90±0.05	13.00±0.27	13.01±0.94	13.44±0.64
	1.Gün Ortalama	11.77±0.25 ^A	12.60±0.66 ^B	12.99±0.29 ^{BC}	13.49±0.53 ^C	13.49±0.82 ^C
2.gün	20 ^{defg}	12.10±0.07	12.75±0.39	11.35±1.74	11.87±0.70	12.95±0.40
	24 ^{defg}	11.67±0.01	12.35±0.48	12.65±0.38	11.57±1.22	12.40±0.47
	28 ^{cdef}	11.49±0.01	12.04±0.25	11.91±0.38	12.24±1.54	12.00±0.48
	32 ^{cde}	12.51±0.01	11.96±0.99	11.77±0.16	10.76±0.20	12.14±0.63
	2. Gün Ortalama	11.94±0.42 ^A	12.27±0.42 ^A	11.92±0.85 ^A	11.61±0.98 ^A	12.37±0.54 ^A
3. gün	36 ^{abc}	12.11±0.01	10.89±0.14	11.73±0.13	9.63±1.27	11.84±0.86
	40 ^{bcd}	12.19±0.03	11.47±0.13	12.22±0.33	9.80±0.17	11.40±0.44
	44 ^{ab}	11.49±0.01	11.18±0.15	10.55±1.18	9.24±0.71	10.91±1.08
	46 ^a	11.10±0.01	11.08±0.42	11.06±0.06	9.19±0.19	9.65±0.23
	3. Gün Ortalama	11.72±0.48 ^B	11.15±0.29 ^B	11.39±0.83 ^B	9.46±0.62 ^A	10.95±1.04 ^B
	Genel Ortalama	11.83±0.38 ^A	12.13±0.87 ^{AB}	12.27±1.10 ^B	11.72±1.89 ^A	12.37±1.32 ^B

Aynı sütundaki küçük harfler (a-ı) kızartma sayısının, büyük harfler (A-C) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Farhoosh ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı kızartma yağlarına 170°C'de günde 8 saat belirli aralıklar ile kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işlemi 6 gün sürmüştür ve gün sonları yağlar analiz için toplanmıştır. Genel olarak kızartma işlemi esnasında kızartma süresiyle birlikte oksidatif/yağ stabilite indeksi azalma göstermiştir. Taze yağ örneklerinden biri 13.06 saat değerine sahipken %90'lık bir azalma göstermiştir. Diğer yağ örnekleri 7.00-8.50 saat iken 48 saat kızartma sonrası ortalama %70'lik bir düşüş gözlemlendiği bildirilmiştir. Yağlardaki bu farklılığın sebebi olarak yağın doymamışlık derecesi, örneklerin içeriğinde bulunan yapay ve doğal antioksidanların etkisi ve kızartma işlem koşulları olabileceği bildirilmiştir [253].

Matthaus (2006) yaptığı çalışmada, palm olein yağına 175°C'de belirli aralıklar ile günde 5 defa kızartma işlemi uygulamıştır. Ertesi gün 200 mL taze yağ eklenerek işlem 11 gün boyunca devam etmiştir. Sonuçlara göre palm yağı 12 saat oksidatif stabiliteye sahip iken, kızartma işlemi ile önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Palm oleinin başlangıçtaki oksidatif stabilitesinin %95'den fazla bir azalma gösterdiği bildirilmiştir [252].

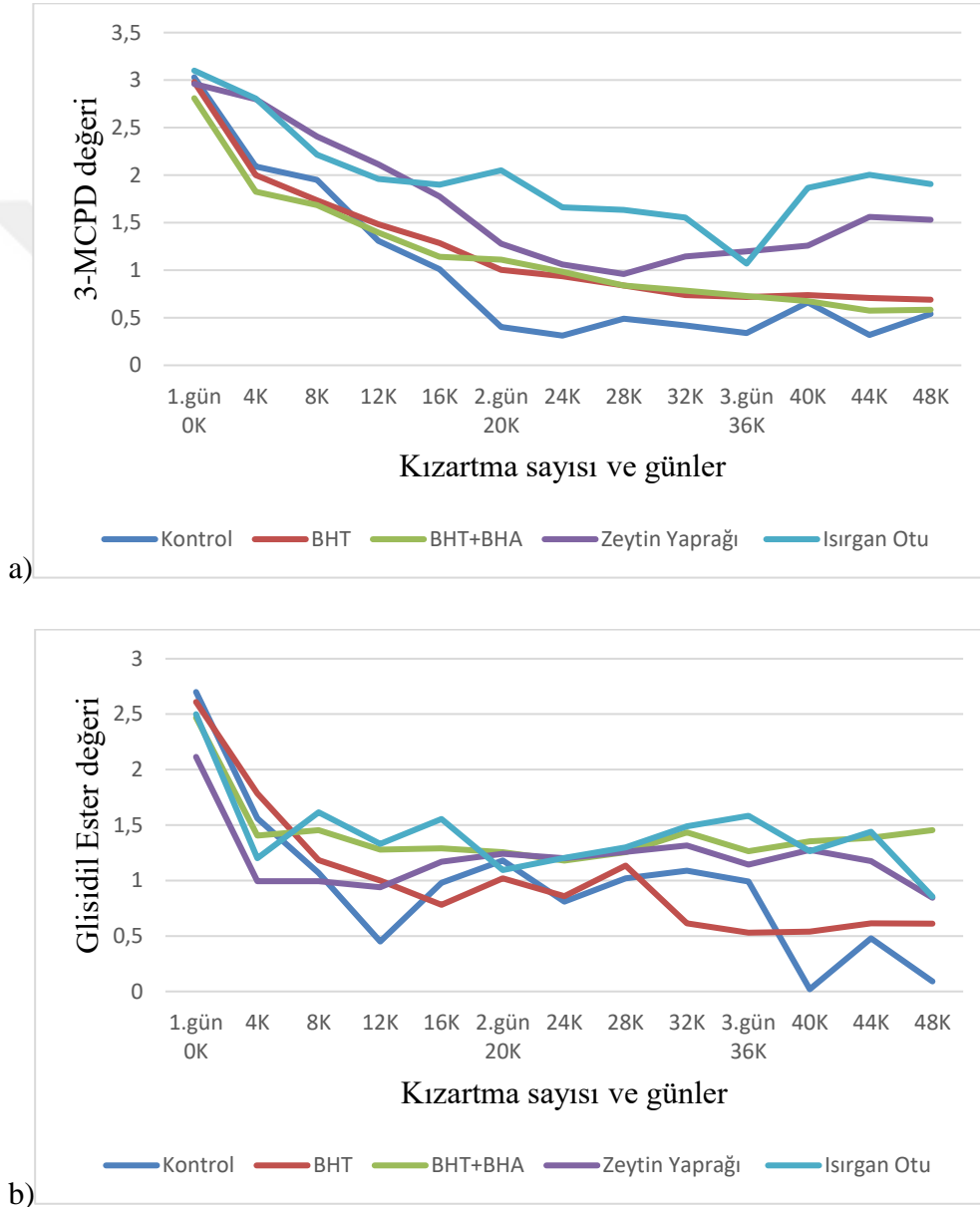
Yang ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada yağlara doğal antioksidan kaynağı olarak biberiye özütü (400 mg/kg), sentetik antioksidan olarak 200 mg/kg BHT+BHA (1:1) ilave edilmiştir. Sonuçlara göre biberiye özütü ilave edilen yağların oksidatif stabilitesi sentetik antioksidan eklenmiş ve eklenmemiş yağlara göre daha yüksek bulunmuştur. Biberiye özütünün yağlarda doğal bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir [254].

Salta ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, zeytin yağı, ayçiçek yağı ve palm yağlarına zeytin yaprağı ekstraktı eklenmiştir. Palm yağı 17,5 saat oksidatif stabiliteye sahip iken, zeytin yaprağı ekstraktı eklendikten sonra bu sürenin 21 saate ulaştığı bildirilmiştir [255].

Ransimat analizi ile kızartma yağlarının oksidatif stabilitesi belirlenerek düşük stabiliteye sahip yağların yerine daha yüksek oksidatif stabiliteye sahip kızartma yağlarının kullanımına yönelik olumlu bir etki yaratabileceğini bildirmişlerdir [253]. Fakat derin yağda kızartma işleminde fritözün kötü çalışma koşulları ve ısı eşanjörü gibi etkenler yağın oksidatif stabilitesi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir [210]. Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerin literatüre göre daha düşük ya da yakın değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak yağın bekleme süresi ve kızartma koşullarından kaynaklandığı söylenebilir. Yapılan çalışmalarda yağlara ilave edilen yapay ve doğal antioksidanların ransimat değerlerini yükselttiği görülmüştür. Sonuçlar, çalışmamız ile paralellik göstermektedir. Çalışmamızda doğal antioksidanların yapay antioksidanlara kıyasla oksidatif stabilite üzerine daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

4.11. Kızartma Yağlarının 3-MCPD ve GE Değerleri

Derin yağda kızartma işlemi boyunca yağların 3-MCPD değerleri Tablo 4.16'da; GE değerleri Tablo 4.17'de gösterilmiştir. Kızartma yağlarına ilave edilen antioksidan ve işlem farklılığına bağlı olarak 3-MCPD ve GE değerlerindeki değişim Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Kızartma işleminin ve antioksidan çeşidinin yağların 3-MCPD ve GE değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 4.11. Kızartma yağlarındaki 3-MCPD ve GE değişimleri a)3-MCPD değerleri b)GE değerleri

Tablo 4.16. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların 3-MCPD değerleri (ppm)

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprağı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^g	3.03±0.01 ^{AB}	2.98±0.01 ^{AB}	2.81±0.13 ^A	2.96±0.03 ^{AB}	3.10±0.01 ^B
1.gün	4 ^f	2.09±0.01	2.00±0.45	1.83±0.09	2.80±0.08	2.81±0.08
	8 ^e	1.95±0.01	1.74±0.04	1.69±0.15	2.41±0.05	2.22±0.23
	12 ^d	1.31±0.01	1.49±0.06	1.40±0.26	2.12±0.15	1.96±0.07
	16 ^{cd}	1.01±0.01	1.29±0.01	1.14±0.21	1.78±0.04	1.90±0.08
	1. Gün Ortalama	1.59±0.48 ^A	1.63±0.34 ^A	1.51±0.32 ^A	2.27±0.41 ^B	2.22±0.40 ^B
2.gün	20 ^{bc}	0.40±0.46	1.01±0.09	1.11±0.25	1.28±0.34	2.05±0.04
	24 ^{abc}	0.31±0.36	0.94±0.01	0.99±0.13	1.06±0.21	1.66±0.14
	28 ^{ab}	0.49±0.01	0.84±0.01	0.84±0.07	0.96±0.21	1.64±0.08
	32 ^{ab}	0.42±0.01	0.74±0.00	0.79±0.11	1.15±0.60	1.56±0.02
	2. Gün Ortalama	0.41±0.23 ^A	0.88±0.11 ^B	0.93±0.18 ^B	1.11±0.31 ^B	1.73±0.21 ^C
3. gün	36 ^a	0.34±0.01	0.72±0.01	0.73±0.10	1.20±0.23 ^{C.a}	1.07±0.14
	40 ^{ab}	0.66±0.01	0.74±0.01	0.68±0.12	1.26±0.38 ^{C.ab}	1.87±0.11
	44 ^{ab}	0.32±0.01	0.71±0.01	0.58±0.19	1.56±0.62 ^{C.ab}	2.01±0.16
	48 ^{ab}	0.54±0.01	0.69±0.01	0.59±0.11	1.53±0.03 ^{C.ab}	1.91±0.13
	3. Gün Ortalama	0.47±0.15 ^A	0.72±0.02 ^A	0.64±0.12 ^A	1.39±0.34 ^B	1.71±0.41 ^B
	Genel Ortalama	0.99±0.85 ^A	1.22±0.67 ^B	1.16±0.63 ^B	1.70±0.69 ^C	1.98±0.52 ^D

Aynı sütündeki küçük harfler (a-g) kızartma sayısının, büyük harfler (A-D) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4.17. Kızartma işlemine tabi tutulan yağların GE değerleri (ppm)

Kızartma işlemi	Kızartma Sayısı ve Ortalamaları	Kontrol	BHT	BHT+BHA	Zeytin Yaprığı	Isırgan Otu
Kızartılmamış yağ	0 ^d	2.7±0.00 ^B	2.61±0.04 ^{AB}	2.47±0.03 ^{AB}	2.12±0.29 ^A	2.50±0.08 ^{AB}
1.gün	4 ^c	1.56±0.01	1.79±0.47	1.41±0.29	1.00±0.39	1.20±0.13
	8 ^{bc}	1.07±0.01	1.19±0.08	1.46±0.16	1.00±0.37	1.62±0.21
	12 ^{ab}	0.45±0.01	1.00±0.28	1.28±0.18	0.94±0.34	1.33±0.03
	16 ^{abc}	0.98±0.01	0.78±0.14	1.29	1.17±0.47	1.56±0.33
	1. Gün Ortalama	1.02±0.42 ^A	1.19±0.45 ^A	1.36±0.16 ^A	1.03±0.31 ^A	1.43±0.24 ^A
2.gün	20 ^{bc}	1.18±0.03	1.02±0.75	1.26±0.49	1.24±0.06	1.10±0.01
	24 ^{abc}	0.81±0.03	0.86±0.18	1.18±0.48	1.20±0.08	1.21±0.18
	28 ^{bc}	1.02±0.03	1.14±0.30	1.26±0.50	1.26±0.18	1.30±0.00
	32 ^{bc}	1.09±0.01	0.62±0.29	1.44±0.13	1.32±0.23	1.49±0.20
	2. Gün Ortalama	1.03±0.15 ^A	0.91±0.39 ^A	1.28±0.34 ^A	1.25±0.13 ^A	1.27±0.18 ^A
3. gün	36 ^{abc}	0.99±0.01	0.53±0.23	1.27±0.13	1.15±0.37	1.59±0.33
	40 ^{ab}	0.02±0.01	0.54±0.01	1.36±0.04	1.28±0.66	1.27±0.05
	44 ^{abc}	0.48±0.01	0.62±0.01	1.39±0.08	1.18±0.39	1.44±0.07
	48 ^a	0.09±0.00	0.61±0.01	1.46±0.04	0.85±0.29	0.86±0.13
	3. Gün Ortalama	0.40±0.41 ^A	0.57±0.10 ^A	1.37±0.10 ^B	1.11±0.38 ^B	1.29±0.32 ^B
	Genel Ortalama	0.96±0.67 ^A	1.02±0.62 ^{AB}	1.42±0.37 ^C	1.21±0.40 ^B	1.42±0.40 ^C

Aynı sütundaki küçük harfler (a-d) kızartma sayısının, büyük harfler (A-C) ise antioksidan çeşidi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0,05$). Sonuçlar, ortalama ±standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan yağların 3-MCPD esterlerinin miktarı kızartma işlemi boyunca kontrol grubunda 3.03-0.54 mg/kg aralığında, BHT grubunda 2.98-0.69 mg/kg aralığında, BHT+BHA grubunda ise 2.81-0.59 mg/kg aralığında değişime uğramıştır. Doğal antioksidan gruplarından zeytin yaprağı grubu 2.96-1.53 mg/kg aralığında değişim gösterirken, ısırgan otu grubu 3.10-1.91 mg/kg aralığında değişim göstermiştir. 1. gün ortalama değerleri incelendiğinde; en yüksek değerlerin zeytin yaprağında 2.27 mg/kg, ısırgan otunda 2.22 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. En düşük değer ise BHT+BHA içerikli gruba aittir. 2. gün ortalamalarına bakıldığında en yüksek değerlerin doğal antioksidan içerikli yağlarda olduğu en düşük değerlerin ise kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. 3. gün ortalama değerlerine bakıldığında ise zeytin yaprağı içerikli yağlarda 1.39 mg/kg, ısırgan otu içerikli yağlarda 1.71 ile en yüksek değerler elde edilmiştir. En düşük değer 0.47 mg/kg ile antioksidan ilave edilmemiş kontrol grubunda gözlemlenmiştir. Antioksidan çeşidinin 1., 2. ve 3. gün ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Genel ortalama değerlerine bakıldığında kızartma işleminin ve antioksidan çeşidinin yağların 3-MCPD değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

GE miktarları kızartma işlemi boyunca kontrol grubunda 2.70-0.09 mg/kg aralığında, BHT grubu 2.61-0.61mg/kg aralığında, BHT+BHA ise 2.47-1.46 mg/kg aralığında değişiklik göstermiştir. Doğal antioksidan gruplarından zeytin yaprağı grubu 2.12-0.85 mg/kg aralığında, ısırgan otu grubu ise 2.50-0.86 mg/kg aralığında değişmiştir. 1. ve 2. gün ortalama değerleri tüm gruplar için incelendiğinde birbirine yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. 3. gün ortalama değerleri incelendiğinde en yüksek değer 1.29 mg/kg ile ısırgan otu içerikli grupta elde edilirken, 0.40 mg/kg ile kontrol grubunun en düşük değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Antioksidan çeşidinin 3. gün ortalama değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Genel ortalama değerlerine bakıldığında kızartma işleminin ve antioksidan çeşidinin yağların GE değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Kızartma işlemi ile 3-MCPD parçalanması sonucunda sadece GE değil diğer ısıl kaynaklı kontaminantların oluşması da söz konusudur. Genel olarak tüm sonuçlar incelendiğinde kızartma işlemi ürünlerdeki 3-MCPD miktarını düşürürken GE oluşumuna neden olmaktadır.

Wong ve ark. (2017) uyguladıkları tekrarlı kızartma işleminde başlangıç 3-MCPD değerini 3.02 ppm olarak bulurken 10 dakikalık ısıtma işleminden sonra 3.27 ppm (160°C) ve 3.53 ppm (180°C) olarak tespit etmişlerdir. Kızartma sayısının artışı ile genel olarak 3-MCPD'de azalma görülmüştür. GE miktarı ise artan kızartma sayısı ile artış göstermiştir [187]. Zhou ve ark. (2014) farklı sıcaklıklarda tekrarlı kızartma işlemi uygulamıştır. 3-MCPD esterlerinin (>2 saat) kızartma işlemi süresince dekompoze olduğunu bildirmişlerdir [194].

Aniolowska ve ark. (2016) tekrarlı kızartma işlemini farklı sıcaklık değerlerinde gerçekleştirmişlerdir. GE değerleri %87'lik bir oranla en çok bozunmaya 180°C'de uğramıştır. 150°C'de gerçekleşen kızartma işleminde ise %62'lik oran ile GE'nin en az bozunmaya uğradığı bildirilmiştir. Kızartma koşullarında yağda bulunan GE'lerin destabilizasyona uğradığı gösterilmiştir. Bu bileşik grubunun kızartma koşullarında kararsızlığı ortaya konmuştur [12].

Hammouda ve ark. (2016), palm yağının ilk 3-MCPD ve GE değerlerini sırasıyla 1.30 ve 4.00 mg/kg olarak bulurken, karışım yağlar ile beraber 16 saat kızartma sonrası 0.50-0.90 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir. 16. saatten sonra GE değerlerinde 0.20-0.50 mg/kg aralığında ciddi bir düşüş ($p<0,05$) gözlemlendiği rapor edilmiştir [188].

Wong ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada palm olein yağına doğal (biberiye, adaçayı özütü) ve yapay (BHA, BHT, TBHQ) antioksidanlar ilave edilerek kızartma işlemi uygulamış ve artan kızartma döngüsü ile 3-MCPD miktarının azaldığını bildirmişlerdir. TBHQ ve oleoresin biberiye eklenmiş yağ numuneleri, diğerlerine göre önemli ölçüde daha düşük miktarda 3-MCPD esterine sahiptir. GE sonuçlarına bakıldığında ise en büyük azalış %32.88 ile TBHQ'da olmuş iken, en az azalışın %23.49 ile BHT eklenen yağ numunelerinde elde edildiği bildirilmiştir [5].

Ceylan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada rafine fındık yağına propolis, kinoa tohumu, uşkun ekstraktları ilave edilerek kızartma işlemi uygulanmıştır. 3-MCPD ve GE miktarları incelendiğinde kızartma öncesi 1.443–1.584 mg/kg aralığında olan 3-MCPD miktarı, 12. kızartma sonrası 4.488-5.114 mg/kg olarak tespit edilmiştir. En yüksek 3-MCPD değeri uçkun ekstraktlı yağ numunesinde 5.114 mg/kg olarak elde edilirken en düşük 3-MCPD değeri BHT ilaveli yağ numunesinde elde edilmiştir. GE miktarları incelendiğinde ise başlangıçta 0.646-0.768 mg/kg aralığında iken 12. kızartma işleminin sonunda 0.967-1.289 mg/kg'a yükselmiştir. 12. kızartma sonrası en yüksek GE değeri 1.289 mg/kg ile uçkun

ekstraktlı yağ numunesinde elde edilirken en düşük GE değeri BHT eklenen yağ numunesinde tespit edilmiştir [189].

Goh ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada palm oleine antioksidan ilavesinin 3-MCPD ester ve GE seviyelerini azaltmada etkili olduğu bildirmişlerdir. Antioksidan ilavesinin serbest radikal oluşumunu azaltmasının düşük maliyetli ve basit bir alternatif yöntem olduğunu bildirmişlerdir [15].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada palm olein yağına eklenen yapay ve doğal antioksidan ilavesinin kızartmalık palm olein yağının kızartma performansı ve 3-MCPD/GE üzerine etkisi belirlenmiştir. Derin yağda kızartma işlemi 30 dakika aralıklar ile günde 16 defa gerçekleştirilmiş ve kızartma işlemi ilave yağ yapılmadan 3 gün boyunca sürmüştür. Elde edilen analiz sonuçları, zeytin yaprağı ekstraktlı yağ numunelerinin BHT, BHT+BHA kadar dirençli olduğunu göstermektedir. BHT grubu GE değerlerinin 3-MCDP ve ransimat değerleri arasında kuvvetli pozitif seviyede korelasyon olduğu görülmüştür (sırasıyla *Pearson r=0,844; p<0,000* : *Pearson r=0,842; p<0,000*). BHT+BHA grubu 3-MCPD değerleri ile sarı renk değerleri ve toplam polar madde miktarları arasında ise kuvvetli negatif yönde korelasyon olduğu görülmüştür (sırasıyla *Pearson r=-0,928; p<0,000*: *Pearson r=-0,935; p<0,000*) (EK A.2; EK A.3).

Isırgan otunun ise oksidasyona karşı en yüksek koruyuculuğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Doğal antioksidanların oksidatif stabilite üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Isırgan otu grubunun totox ve p-anisidin değerleri arasında kuvvetli pozitif seviyede korelasyon olduğu görülmüştür (*Pearson r= 0,999; p<0,000*) (EK A.5).

Kızartma yağlarının DPPH antioksidan aktivite miktarları incelendiğinde başlangıç DPPH değerleri zeytin yaprağı ve ısırgan otu ekstraktlı yağlarda benzer bulunmuştur. BHT, BHA+BHA ilave edilen yağlarla yakın değerlere sahiptir. 48 kızartma sonrası değerler incelendiğinde ise koruyuculuğu en yüksek olan grup zeytin yaprağı, ardından BHT, BHA+BHT ve ısırgan otu olarak belirlenmiştir. Zeytin yaprağının antioksidan aktivitesi yapay antioksidan olan BHT+BHA'ya göre daha yüksek çıkmıştır. Zeytin yaprağı grubunun DPPH ve sarı renk değerleri arasında kuvvetli negatif seviyede korelasyon olduğu görülmüştür (*Pearson r=-0,885;*

$p < 0,000$) (EK A.4). Sonuç olarak, yapay antioksidanlara alternatif olarak doğal antioksidanların kullanılabilirliği gösterilmiştir.

3-MCDP değerleri incelendiğinde degradasyonunun en fazla olduğu grup kontrol grubu olarak belirlenmiştir. 48 kızartma sonrası en yüksek 3-MCPD ester değerine sahip olan grup ısırgan otu içeren grup olmuştur. Böylelikle ısırgan otunun 3-MCPD değeri üzerindeki etkinliği ilk kez ortaya konmuştur. GE değerleri incelendiğinde ise BHT+BHA grubunun 48 kızartmadan sonra en yüksek GE değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu ise en düşük GE değerine ulaşmıştır. GE sonuçlarına göre sıralama yapıldığında ise kontrol < BHT < zeytin yaprağı < ısırgan otu < BHT+BHA olarak tespit edilmiştir. Kızartma işlemi ile 3-MCPD parçalanması sonucunda sadece GE değil diğer ısı kaynaklı kontaminantların oluşması da söz konusudur. Genel olarak tüm sonuçlar incelendiğinde kızartma işlemi ürünlerdeki 3-MCPD miktarını düşürürken GE oluşumuna neden olmaktadır.

Yapılan bu çalışma ile antioksidan içeriği yüksek bitkisel kaynaklı materyallerin kızartmalık palm olein yağı üzerinde antioksidan aktivite gösterebileceği ortaya konmuştur. Ayrıca ilk kez ısırgan otunun 3-MCPD değeri üzerindeki etkisi de ortaya konmuştur. Elde ettiğimiz verilerin ileride yapılacak bilimsel ve endüstriyel çalışmalara referans olacağı kanısındayız. Böylece yapay antioksidan kullanımına alternatif doğal antioksidan kullanımını için bir kaynak niteliği taşıyacaktır.

KAYNAKÇA

1. Bogнар EK, Zay K, Somogyı L. Formation of 3-monochloro-1, 2-propanediol fatty acid esters during deep-fat frying of pre-fried deep frozen food with different salt content. *Acta Aliment* 2020;49:181–8. <https://doi.org/10.1556/066.2020.49.2.7>.
2. Chiou A, Kalogeropoulos N, Efstathiou P, Papoutsi M, Andrikopoulos NK. French fries oleuropein content during the successive deep frying in oils enriched with an olive leaf extract. *Int J Food Sci Technol* 2013;48:1165–71. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12070>.
3. Kamikata K, Vicente E, Ariseto-Bragotto AP, Miguel AMR de O, Milani RF, Tfouni SAV. Occurrence of 3-MCPD, 2-MCPD and glycidyl esters in extra virgin olive oils, olive oils and oil blends and correlation with identity and quality parameters. *Food Control* 2019;95:135–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.051>.
4. Przybylski R, Gruczynska E, Aladedunye F. Performance of regular and modified canola and soybean oils in rotational frying. *J Am Oil Chem Soc* 2013;90:1271–80. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2278-0>.
5. Wong YH, Goh KM, Nyam KL, Nehdi IA, Sbihi HM, Tan CP. Effects of natural and synthetic antioxidants on changes in 3-MCPD esters and glycidyl ester in palm olein during deep-fat frying. *Food Control* 2018;96:488–93. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.10.006>.
6. Duman E, Keser A. Palm yağı ve sağlık üzerine etkileri. *SDÜ Sağlık Bilim Derg* 2018;9:54–8. <https://doi.org/10.22312/sdusbed.381511>.
7. Elmas A. Palm Yağında 3-MCPD ve glisidol esterleri oluşumunun önlenmesi ya da azaltılması için uygun proses şartlarının belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2019, 76s. (Yüksek Lisans Tezi)
8. Başoğlu, F., Yemeklik yağ teknolojisi, Dora Yayıncılık, Bursa, 2014. Bouchon.
9. Çatar D., Ongan D., Karacan E., Yemişcioğlu F. “Lokma” kızartma işlemi sırasında palm olein ve ayçiçeği yağının kızartma performansının karşılaştırılması. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*. 2021, 6(2), 47–55.
10. Devseren E, Tomruk D, Koç M. Vakum altında kızartma işleminin gıda ve kızartma yağı kalitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*. 2016, 14(1), 43–53.
11. Dinçel Kasapoğlu E, Sağlam A. Kızartma işleminin yağda serbest yağ asitliği ve oksidasyon derecesi üzerine etkileri. *ABMYO Dergisi*. 2021, 16(61), 1–17. DOI:<https://doi.org/10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod>.
12. Aniołowska M, Kita A. The effect of frying on glycidyl esters content in palm oil. *Food Chemistry*. 2016, 203, 95–103. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.028>.
13. Ariseto AP, Marcolino PFC, Augusti AC, Scaranelo GR, Berbari SAG, Miguel

- AMRO, et al. Contamination of fried foods by 3-Monochloropropane-1,2-diol fatty acid esters during frying. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2017, 94(3), 449–455. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11746-017-2951-9>.
14. Goh KM, Wong YH, Tan CP, Nyam KL. A summary of 2-, 3-MCPD esters and glycidyl ester occurrence during frying and baking processes. *Current Research in Food Science*. 2021, 4, 460–469. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.002>.
 15. Goh KM, Wong YH, Abas F, Lai OM, Yuso MM. Changes in 3-,2-monochloropropanediol and glycidyl esters during a conventional baking system with addition of antioxidants. *Foods*. 2020, 1–14.
 16. IARC. 3-Monochloro-1,2-propanediol. In: International agency for research on cancer monographs on some chemicals present in industrial and consumer products, Food and Drinking-Water. Lyon, France, 2012. 101, 349-374.
 17. EU 2020. Official Journal of European Union Commission Regulation. Available from:<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1322&rid=>.
 18. EFSA (2018). Revised safe intake for 3-MCPD in vegetable oils and food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). DOI:<https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/180110> (Accessed: 03 March 2018).
 19. Arslan FN, Şapçı AN, Duru F, Kara H. A study on monitoring of frying performance and oxidative stability of cottonseed and palm oil blends in comparison with original oils. *International Journal of Food Properties*. 2016, 20(3), 704–717. DOI:<https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1177544>
 20. Moudache M, Colon M, Nerín C, Zaidi F. Phenolic content and antioxidant activity of olive by-products and antioxidant film containing olive leaf extract. *Food Chemistry*. 2016, 212, 521–527. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.001>.
 21. Demirkoz A, Karakas M, Bayramoglu P. Investigation of the effect of olive leaf and clove extracts mixture on the stability of sunflower oil during repeated deep frying of potatoes. *Journal of Food Processing & Technology*. 2017, 08(2), 1-5. DOI:<https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000657>.
 22. Chiou A, Kalogeropoulos N, Salta FN, Efstathiou P, Andrikopoulos NK. Pan-frying of French fries in three different edible oils enriched with olive leaf extract: Oxidative stability and fate of microconstituents. *LWT - Food Science and Technology*. 2009, 42(6), 1090–1097. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.01.004>.
 23. Temiz MA, Temur A. Effect of solvent variation on polyphenolic profile and total phenolic content of olive leaf extract. 2017, 27(1), 43-50.
 24. Hosseini H, Ghorbani M, Meshginfar N, Mahoonak AS. A review on frying: Procedure, fat, deterioration progress and health hazards. *Journal of the*

- American Oil Chemists' Society. 2016, 93(4), 445–466.
DOI:<https://doi.org/10.1007/s11746-016-2791-z>
25. Çamdalı S. Isırgan otu yaprağı özütünün sitotoksitesisi ve fare modelinde klorokin ile kombinasyonunun sıtma tedavisi üzerine etkisinin araştırılması. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilim Enstitüsü, Parazitoloji Ana Bilim Dalı, Sivas, 2019, 40s. (Yüksek Lisans Tezi)
 26. Almoselhy RIM, Eid MM, Abd El-Baset WS, Aboelhassan AEFA. Determination of 3-MCPD in some edible oils using GC-MS/MS. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2021, 64(3), 1639–1652. DOI:<https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.64084.3373>.
 27. Yaşdağ T, Tekin A. Ayçiçek ve pirina yağlarının kızartma stabilitelelerinin karşılaştırılması. *Gıda / The Journal of Food*. 2017, 42(2), 105–115. DOI:<https://doi.org/10.15237/gida.gd16071>.
 28. Erickson MD, Yevtushenko DP, Lu ZX. Oxidation and thermal degradation of oil during frying: a review of natural antioxidant use. *Food Reviews International*. 2022, 1–32. DOI:<https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2039689>.
 29. Blumenthal, M. M. A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology*. (Chicago), (1991), 45(2), 68-71.
 30. Çelik G. Derin yağda kızartma işleminde proses kirleticilerinin belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2020, 128s. (Doktora Tezi).
 31. Mellema M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*. 2003, 14(9), 364–373. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(03\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00050-5).
 32. Keskinler B., 2008. Atık Bitkisel Yağların Çevresel Etkileri.
 33. Del Re PV, Jorge N. Behaviour of vegetable oils for frying discontinuous frozen pre-fried products. *Cienc Technology*. (2006), (26):56-53. n.d.
 34. Choe E, Min DB. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*. 2007, 72(5). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>.
 35. Fritsch CW. Measurements of frying fat deterioration: A brief review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1981, 58(3), 272–274. DOI:<https://doi.org/10.1007/BF02582355>.
 36. Chung J, Lee J, Choe E. Oxidative stability of soybean and sesame oil mixture during frying of flour dough. *Journal of Food Science*. 2004, 69(7), 574–578.
 37. Frega N, Mozzon M, Lercker G. Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1999, 76(3)325–329. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11746-999-0239-4>.
 38. İstanbul NB. Kızartmalık ayçiçek yağı kalitesinin iyileştirilmesinde üç farklı kahve tipinin suni antioksidan ve adsorban ile karşılaştırılması. Necmettin

Erbakan Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2020, 76s. (Yüksek Lisans Tezi).

39. Stevenson SG, Vaisey-Genser M, Eskin NAM. Quality control in the use of deep frying oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 1984, 61(6), 1102–1108. DOI:<https://doi.org/10.1007/BF02636232>.
40. Gupta, M. K., Warner, K., White, P. J. *Frying Technology and Practices*. 2004. AOCS Press.
41. Targan Ş, Arısoy K, Abali Y, Kaya E. Ayçiçek yağının raf ömrünün uzatılmasında sitrik asit ve fosforik asidin antioksidan etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Dergisi* 2008, 10(1), 67–75.
42. Shahidi F. Bailey's industrial oil and fat products. *Food and Cosmetics Toxicology*. 2005, 1(6), 357-385. DOI:[https://doi.org/10.1016/s0015-6264\(80\)80034-4](https://doi.org/10.1016/s0015-6264(80)80034-4).
43. Choe E, Min DB. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2006, 5(4), 169–186. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>
44. Demirci M. 2012. *Gıda Kimyası*. Gıda Teknol Derneği, İstanbul. Yayın No: 40, 292.
45. Suja KP., Abraham JT., Thamizh SN., Jayalekshmy A. Arumughan C. Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. *Food Chemistry* 2004, 84(3), 393–400. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00248-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00248-6).
46. Güçer Ş., Seven Ü., Depren E. Isıl işlem sırasında zeytinyağında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler. I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi. (2008), 146-150s.
47. Kara Ü. Derin yağda kızartma yöntemi ile patates cipsi üretiminde rafine yer fıstığı yağı kullanımının incelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Osmaniye, 2021 (Yüksek Lisans Tezi) 66s.*
48. Kmiecik D, Gramza-Michałowska A, Korczak J. Anti-polymerization activity of tea and fruits extracts during rapeseed oil heating. *Food Chemistry*. 2018, 239, 858–864. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.025>.
49. Orthoefer FT, List GR. Evaluation of used frying oil. *Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications: Second Edition*. 2007, 8, 329-342 DOI:<https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-92-9.50024-4>.
50. Khor YP, Hew KS, Abas F, Lai OM, Cheong LZ, Nehdi IA, et al. Oxidation and polymerization of triacylglycerols: In-depth investigations towards the impact of heating profiles. *Foods*. 2019, 8(10), 1–15. DOI:<https://doi.org/10.3390/foods8100475>.
51. Warner K., *Chemistry Of Frying Oils*, Taylor & Francis Group, CRC Press LLC, 2007, 193.

52. Kayahan M. Yağ Kimyası. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası. Ankara, 2008, 226 s.
53. Orthoefer FT, List GR. Initial quality of frying oil. *Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications: Second Edition*. 2007, 33-48 DOI:<https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-92-9.50009-8>.
54. Melton SL, Trigiano MK, Penfield MP, Yang R. Potato chips fried in canola and/or cottonseed oil maintain high quality. *Journal of Food Science*. 1993, 58(5), 1079–1083. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb06118.x>.
55. Hawrysh ZJ, Erin MK, Kim SS, Hardin RT. Sensory and chemical stability of tortilla chips fried in canola oil, corn oil, and partially hydrogenated soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1995, 72(10), 1123–1130. DOI:<https://doi.org/10.1007/BF02540977>.
56. Anonim, (2012). Kızartmada kullanılmakta olan katı ve sıvı yağlar için özel hijyen kuralları ve yönetmeliği, Resmi Gazete, S. 28290.
57. Khor YP, Sim BI, Abas F, Lai OM, Wang Y, Nehdi IA, et al. Evaluation of quality parameters for fresh, used and recycled palm olein. *J Sci Food Agric* 2019;99:6989–97. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9989>.
58. Quinchia LA, Delgado MA, Valencia C, Franco JM, Gallegos C. Viscosity modification of different vegetable oils with EVA copolymer for lubricant applications. *Industrial Crops and Products*. 2010, 32(3), 607–612. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.07.011>.
59. Çetin T, Sabuncuoğlu S. Palm yağının ve bileşenlerinin toksikolojik açıdan değerlendirilmesi. *Journal of Literature Pharmacy Sciences*. 2018, 7(2), 97–109. DOI:<https://doi.org/10.5336/pharmsci.2017-57313>.
60. Elmas A, Bayizit AA. Palm yağında 3-MCPD ve glisidol esterleri oluşumuna proses şartlarının etkisi. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*. 2021, 35(2), 333–354.
61. Macit S., Şanlıer N. Palm oil and health. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*. 2014, 2(1), 13–20.
62. Fattore E, Fanelli R. Palm oil and palmitic acid: A review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2013, 64(5) 648–659. DOI: <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.768213>.
63. Davutluoğlu S. Palm yağının yumurta tavuklarının genel performansı ve yumurta iç-dış kalitesine etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Zootek Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 2017 (Yüksek Lisans Tezi) 87s.
64. Frank NEG, Albert MME, Laverdure DEE, Paul K. Assessment of the quality of crude palm oil from smallholders in Cameroon. *J Stored Prod Postharvest Res* 2011, 2(3), 52-58. [65] Çevik K. Palm yağı ve fraksiyonlarının püskürtmeli kurutucu ile mikroenkapsülasyonu. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 2017 (Yüksek Lisans

Tezi)

66. Anonim (2012). Türk gıda kodeksi bitki adı ile anılan yağlar tebliği (Tebliğ no: 2012/29). Resmi Gazete, Sayı: 28262.
67. Çalışlar S, Zorlusoy E, Doğan N. The utilization of palm oil in poultry nutrition. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences. 2018, 32(3), 575–586.
68. O'Brien RD. Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications. 2nd ed. Florida, CRC Press, 2010; p. 53-60.
69. Clifton MP. Palm oil and LDL cholesterol. Editorial - American Society for Nutrition. 2011, 52, 1392–1393. DOI:<https://doi.org/10.3402/fnr.v52i0.1811>.
70. Han NM, May CY. Determination of antioxidants in oil palm leaves (*Elaeis guineensis*). American Journal of Applied Sciences. 2010, 7(9), 1243–1247. DOI:<https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.1243.1247>.
71. Ebong PE, Owu DU, Isong EU. Influence of palm oil (*Elaeis guineensis*) on health. Plant Foods for Human Nutrition. 1999, 53(3), 209–222. DOI:<https://doi.org/10.1023/A:1008089715153>.
72. Chew CL, Ab Karim NA, Quek WP, Wong SK, Lee YY, Chan ES. Aerobic-liquor treatment improves the quality and deep-frying performance of refined palm oil. Food Control. 2021, 126, 108072. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108072>.
73. Mba OI, Dumont MJ, Ngadi M. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry - a review. Food Bioscience. 2015, 10, 26–41. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>.
74. Nallusamy, S. 2006. The role of palm oil in the snack food industry.
75. Günç Ergönül P, Göldeli T. Gıdalarda 3-monokloropropan-1,2-diol (3-MCPD) ve esterlerinin varlığı, oluşum mekanizmaları ve tespit yöntemleri. Akademik Gıda. 2013, 11(2) 102-109.
76. Divinová V, Doležal M, Velíšek J. Free and bound 3-chloropropane-1, 2-diol in coffee surrogates and malts. Czech Journal of Food Sciences. 2007, 25(1), 39–47. DOI:<https://doi.org/10.17221/735-cjfs>.
77. Kantekin Erdoğan MN. Bitkisel yağların rafinasyonunda ön asitlik gidermenin 3-kloropropan-1, 2-diol ve glisidil esterleri oluşumuna etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2020 (Doktora Tezi) 118s.
78. Pantalone S. Food contaminants due to thermal process. Univ Granada, Fac Ciencias, Dep Química Analítica, Granada, 2021 (PhD Thesis).
79. Önal B. Patates cipslerinde 3-MCPD düzeylerinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2016 (Yüksek Lisans Tezi). 72s.

80. Önal B, Özdikicierler O, Yemişçiöğlü F. Türkiye piyasasında satışa sunulan patates cipslerinde 3-MCPD esterleri ve glisidil esterleri miktarları. *Akademik Gıda*. 2016, 14(3), 267–274.
81. Hamlet CG, Sadd PA, Crews C, Velišek J, Baxter DE. Occurrence of 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) and related compounds in foods : a review. *Food Additives and Contaminants*. 2002, 19(7), 619–631. DOI:<https://doi.org/10.1080/0265203021013239>.
82. Bastida S, Sánchez-Muniz FJ. Thermal oxidation of olive oil, sunflower oil and a mix of both oils during forty discontinuous domestic fryings of different foods. *Food Science and Technology International*. 2001, 7(1), 15–21. DOI:<https://doi.org/10.1106/1898-PLW3-6Y6H-8K22>.
83. Šmidrkal J, Tesařová M, Hrádková I, Berčíková M, Adamčíková A, Filip V. Mechanism of formation of 3-chloropropan-1,2-diol (3-MCPD) esters under conditions of the vegetable oil refining. *Food Chemistry*. 2016, 211, 124–129. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.039>.
84. Cichelli A, Riciputi Y, Cerretani L, Caboni MF, D'Alessandro N. Glycidols esters, 2-chloropropane-1,3-diols, and 3-chloropropane-1,2-diols contents in real olive oil samples and their relation with diacylglycerols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2019, 97(1), 15–23. DOI:<https://doi.org/10.1002/aocs.12302>.
85. Keller E., Miller L. R. Glycidyl ester and 3-MCPD ester content in esters of monoglyceride and polyglycerol esters. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2022, 99(9), 791-798.
86. Sevindirici G, Özdikicierler O, Yemişçiöğlü F. 3-MCPD and GE risk in refined vegetable oils: Structure, formation mechanism, legal regulations and mitigation techniques. *Gıda / J Food* 2018;43:886–95. <https://doi.org/10.15237/gida.gd18053>.
87. Calta P, Velišek J, Doležal M, Hasnip S, Crews C, Réblová Z. Formation of 3-chloropropane-1, 2-diol in systems simulating processed foods. *European Food Research and Technology*. 2004, 218(6), 501–506. DOI:<https://doi.org/10.1007/s00217-003-0865-2>.
88. Zhang X, Gao B, Qin F, Shi H, Jiang Y, Xu X, et al. Free radical mediated formation of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) fatty acid diesters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013, 61(10), 2548–2555. DOI:<https://doi.org/10.1021/jf305252q>.
89. Rahn AKK, Yaylayan VA. What do we know about the molecular mechanism of 3-MCPD ester formation? *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2011, 113(3), 323–329. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201000310>.
90. Karabulut M. Rafinasyon kademelerinin 3-MCPD ve glisidol esterleri oluşumu üzerine etkisi. Ege Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2015 (Yüksek Lisans Tezi). 55s.

91. Yağın CÖ., Yılmaz-Sarıaltın S. 3-Kloropropandiol, 2-kloropropandiol, esterleri ve glisidil yağ asidi esterinin toksik etkileri. *Akademik Gıda*. 2019,17(3), 401–409. DOI:<https://doi.org/10.24323/akademik-gida.647729>.
92. EFSA. Risks for human health related to the presence of 3-and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. *EFSA Journal*. 2016, 14(5), 04426.
93. Pudel F, Benecke P, Fehling P, Freudenstein A, Matthäus B, Schwaf A. On the necessity of edible oil refining and possible sources of 3-MCPD and glycidyl esters. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2011, 113(3), 368–373. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201000460>.
94. Pudel F, Benecke P, Vosmann K, Matthäus B. 3-MCPD- and glycidyl esters can be mitigated in vegetable oils by use of short path distillation. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2016, 118(3), 396–405. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201500095>
95. Abraham K., Appel KE., Berger-Preiss E., Apel E., Gerling S., Mielke H., et al. Relative oral bioavailability of 3-MCPD from 3-MCPD fatty acid esters in rats. *Archives of Toxicology*. 2013, 87(4) 649–659. DOI:<https://doi.org/10.1007/s00204-012-0970-8>.
96. Ermacora A, Hrnčirik K. Development of an analytical method for the simultaneous analysis of MCPD esters and glycidyl esters in oil-based foodstuffs. *Food Additives and Contaminants - Part A*. 2014, 31(6), 985–994. DOI:<https://doi.org/10.1080/19440049.2014.905712>.
97. Lee BQ, Khor SM. 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in soy sauce: a review on the formation, reduction, and detection of this potential carcinogen. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2015, 14(1), 48–66. DOI:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12120>.
98. Edwards EM, Jones AR, Waites GMH. The entry of α -chlorohydrin into body fluids of male rats and its effect upon the incorporation of glycerol into lipids. *J. Reprod. Fert.* 1975, 43, 225–232.
99. Barocelli E, Corradi A, Mutti A. Comparison between 3-MCPD and its palmitic esters in a 90-day toxicological study. *Università Degli Studi Di Parma*. 2011, 1–131.
100. Onami S., Cho YM., Toyoda T., Mizuta Y., Yoshida M., Nishikawa A., et al. A 13-week repeated dose study of three 3-monochloropropane-1,2-diol fatty acid esters in F344 rats. *Archives of Toxicology*. 2014, 88(4), 871–880. DOI:<https://doi.org/10.1007/s00204-013-1190-6>.
101. JECFA. Evaluation of certain contaminants in food, prepared by the eighty-third report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. 2017.
102. Food Safety Commission of JAPAN (FSCJ). Considerations on Glycidol and Its Fatty Acid Esters in Foods. Executive summary. 2015, 3(2), 67-69.
103. EFSA (2001). Opinion of the scientific Committee on food 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) updating the SCF opinion of 1994. *European Food*

Security Agency, Directorate-General Health and Consumer Protection, 1-5.

104. EFSA (2004). Collection and collation of data on levels of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) and related substances in foodstuffs. European Food Security Agency, Directorate-General Health and Consumer Protection, 1-56.
105. EFSA (2009). 3-MCPD esters in food products. European Food Security Agency, Summary Report of a Workshop held in February 2009 in Brussels, Belgium, 1-36.
106. EFSA (2013) Analysis of occurrence of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in food in Europe in the years 2009-2011 and preliminary exposure assessment. *EFSA Journal*, 11(9): 3381-3426.
107. EFSA (2015). Opinion of the scientific committee on food on 3-monochloropropan 1,2-diol (3-MCPD). European Food Security Agency, Scientific Committee on Food, 1-5.
108. Juárez MD., Osawa CC., Acuña ME., Sammán N., Gonçalves LAG. Degradation in soybean oil, sunflower oil and partially hydrogenated fats after food frying, monitored by conventional and unconventional methods. *Food Control* 2011, 22(12), 1920–1927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.05.004>.
109. Wong YH, Lai OM, Abas F, Nyam KL, Nehdi IA, Muhamad H, et al. Factors impacting the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters during deep fat frying of chicken breast meat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2017, 94(6), 759–765. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11746-017-2991-1>.
110. Mancini-Filho J, Smith LM, Creveling RK, Al-Shaikh HF. Effects of selected chemical treatments on quality of fats used for deep frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1986, 63(11) 1452–1456. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02540874>.
111. Gertz C. Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2000, 102(8-9), 566–572. DOI:[https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200009\)102:8/9<566::aid-ejlt566>3.3.co;2-2](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<566::aid-ejlt566>3.3.co;2-2).
112. Kavaz Yüksel A, Yüksel M. Gıdalarda trans yağ asitlerinin varlığı ve önemi. *Aydın Gastronomy*, 2020, 4(2), 113–124.
113. Turan S., Solak R., Keskin Ş. Gıdalarda monokloropropandiol esterlerinin oluşumu ve belirlenmesi. *Akademik Gıda*. 2018, 16(2), 210–217. DOI:<https://doi.org/10.24323/akademik-gida.449866>.
114. Ahmad Tarmizi AH, Kuntom A. The occurrence of 3-monochloropropane-1,2-diol esters and glycidyl esters in vegetable oils during frying. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021, 62(12), 3403–3419. DOI:<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1865264>
115. Bakhiya N, Abraham K, Gürtler R, Appel KE, Lampen A. Toxicological assessment of 3-chloropropane-1,2-diol and glycidol fatty acid esters in food.

- Molecular Nutrition and Food Research. 2011, 55(4), 509–521. DOI:<https://doi.org/10.1002/mnfr.201000550>.
116. Aydın S. Turunçgil kabuğu kaynaklı antioksidanların kızartma süresince yağın stabilitesi üzerine etkileri. Mersin Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, 2018 (Doktora Tezi). 96s.
 117. Dündar Y., Aslan R. Hekimlikte oksidatif stres ve antioksidanlar. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları. Afyonkarahisar, 2000.
 118. Elliot, J.G. Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. Food Tech. 1999, 53(2), 46-48.
 119. Gür E., Altuğ T. Antioksidanlar. Gıda Katkı maddeleri, İzmir, 2006, 17- 41.
 120. Dündar Y., Aslan R. Hücre moleküler statüsünün anlaşılması ve fizyolojik önem açısından radikaller, antioksidanlar. İnsizyon Cerrahi Tıp Bilim Dergisi. 1999, 2(2), 134-142.
 121. Van Aardt M, Duncan SE, Long TE, O’Keefe SF, Marcy JE, Sims SR. Effect of antioxidants on oxidative stability of edible fats and oils: thermogravimetric analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004, 52(3), 587–591. DOI:<https://doi.org/10.1021/jf030304f>.
 122. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. Free radicals, antioxidants in disease and health. Int J Biomed Sci 2008;4:89–96. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. Free radicals, antioxidants in disease and health. International Journal of Biomedical Science. 2008, 4(2), 89–96.
 123. Güçlü K. Hidroksil ve süperoksit radikallerinin süpürülmesine dayalı yeni antioksidan aktivite tayin yöntemlerinin geliştirilmesi. İstanbul. 2009.
 124. Kasnak C, Palamutoğlu R. Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkileri. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2015, 3(5), 226–234.
 125. Deveci A, Nur G, Kirpik Ma, Harmankaya A, Yıldız Y. Fenolik bileşik içeren bitkisel antioksidanlar. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2016, 9(1), 26–32.
 126. Szeto YT, Tomlinson B, Benzie IFF. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: Implications for dietary planning and food preservation. British Journal of Nutrition. 2002, 87(1), 55–59. DOI:<https://doi.org/10.1079/bjn2001483>.
 127. Baladura E, Şimsek B. Doğal antioksidanlar ve süt ve süt ürünlerinde kullanımı. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University. 2013, 27(2), 155–162.
 128. Yıldız Ş, Turan S. Fenolik bileşiklerin lipit oksidasyonunu önleme aktiviteleri ve timokinonun terapötik özellikleri. J Agric Fac Bursa Uludag Univ 2020;34:397–416.
 129. Döğer MM. Ispit’in (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don) antioksidan aktivitesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Kim Ana Bilim Dalı,

- İstanbul, 2010, 125s. (Doktora Tezi).
130. Kolaç T, Gürbüz P, Yetiş G. Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri. İÜ Sağlık Hizmetleri Mesl Yüksekokulu Dergisi. 2017, 5(1), 26–42.
 131. Meral R, Sait DOĞAN İ, Kanberoğlu SG. Antioxidants as functional food ingredients. Iğdır Üni Fen Bilim Enst Der / Iğdır Univ J Inst Sci Tech. 2012, 2(2), 45–50.
 132. Yücel Şengün İ, Öztürk B. Some natural antimicrobials of plant origin. Anadolu University Journal of Science and Technology C- Life Sciences and Biotechnology. 2018, 7(2) 256–276. DOI:https://doi.org/10.18036/aubtdc.407806.
 133. Karabulut G, Yemiş O. Fenolik bileşiklerin bağlı formları ve biyoyararlılığı. Akademik Gıda. 2019, 17(4), 526–537. DOI:https://doi.org/10.24323/akademik-gida.667270.
 134. Carr AC, Vissers MCM. Synthetic or food-derived vitamin C-Are they equally bioavailable? Nutrients. 2013, 5(11), 4284–4304. DOI:https://doi.org/10.3390/nu5114284.
 135. Gregory JF. 1996. Vitamins. In'' Food Chemistry'', O.R. Fennema (Ed). University of Wisconsin- Madison. Marcel Dekker Inc., New York. Chapter 8. Pp: 531-616.
 136. Koca N, Karadeniz F. Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. Gıda. 2005, 30(4), 229–236.
 137. Yaman M, Çatak J, Uğur H, Gürbüz M, Belli İ, Tanyıldız SN, et al. The bioaccessibility of water-soluble vitamins: A review. Trends in Food Science and Technology. 2021, 109, 552–63. DOI:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.056.
 138. Karabulut H, Gülay MŞ. Antioksidanlar. MAE Vet Fak Dergisi. 2016, 1(1), 65–76.
 139. Taşkale P. Ratlarda travmatik fasiyal paralizide E vitamini ve E vitamini ile birlikte kortikosteroid verilerek sinir iyileşmesi üzerindeki etkilerinin elektrofizyolojik olarak değerlendirilmesi. Sağlık Bakanl Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastan 1Kulak Burun Boğaz Hast Klin İstanbul, 2010, 55s. (Uzmanlık Tezi).
 140. Can, A., Özçelik, B., Güneş, G. Meyve sebzelerin antioksidan kapasiteleri. GAP IV. Tarım Kongresi Bildirileri. 2005, 702–707.
 141. Konuşkan Bozdoğan D, Altan A. Zeytin ve zeytinyağındaki doğal olarak bulunan biyoaktif bileşikler ve fizyolojik etkileri. Gıda. 2008, 33(6), 297–302.
 142. Karabacak Ö. A., Çopur U. Ö. Meyve ve sebzelerin kurutulması sonrası biyoaktif bileşenlerin biyoerişilebilirliğindeki değişikliklerin araştırılması. 2nd International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies. 2022, 49-57.

143. Çöllü Z. *Urtica pilulifera* L. bitkisinin antioksidant aktivitesinin araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Kim Anabilim Dalı, Samsun, 2007, 61s. (Yüksek Lisans Tezi).
144. Bilek SE, Özkan G. Gıda işleme ve depolamanın karotenoidler üzerine etkisi. *Academic Food Journal*. 2012, 10(2), 84–88.
145. Yemişçioğlu F., Özdikicierler O. Bitkisel yağ rafinasyonunda yeni bir yaklaşım : Minimal rafinasyon. *Akademik Gıda*. 2016, 14(2), 172–179.
146. Zoral FB, Turgay Ö. Çeşitli gıda atıklarının toplam fenolik madde içeriğinin, antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin araştırılması. *KSÜ Doğa Bilim Dergisi*. 2014, 17(2), 24–33. DOI:<https://doi.org/10.18016/ksujns.03907>.
147. Çoban E. Ö., Patır B. Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. (2010), 5(2), 7-19.
148. Sibel E. Bazı materyallerde antioksidan tayinleri. Yıldız Tek Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Kim Ana Bilim Dalı, İstanbul, 2007, 84s. (Yüksek Lisans Tezi).
149. Kim JI, Lee JH, Choi DS, Won BM, Jung MY, Park J. Kinetic study of the quenching reaction of singlet oxygen by common synthetic antioxidants (tert-butylhydroxyanisole, tert-di-butylhydroxytoluene, and tert-Butylhydroquinone) as compared with α -tocopherol. *Journal of Food Science*. 2009, 74(5), 362–369. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01160.x>.
150. Hamdo HH, Khayata W, Al-Assaf Z. Synergistic effect of combined some natural and synthetic antioxidants to increase oxidative stability using DPPH test. *International Journal of ChemTech Research*. 2014, 6(4), 2539–2545
151. Yanishlieva N, Gordon M (2001). *Antioxidants In Food*, CRC Press, USA.
152. Elitok E. Dondurularak depolanan köftenin bazı özelliklerine Bht'in, ambalajlamanın ve depolama süresinin etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 1998, 62s. (Yüksek Lisans Tezi).
153. Ardağ A. Antioksidan kapasite tayin yöntemlerinin analitik açıdan karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Anal Anabilim Dalı, Aydın, 2008, 55s. (Yüksek Lisans Tezi).
154. Lundebye AK, Hovea H, Mågea A, Bohneb VJB, Hamrea K. Levels of synthetic antioxidants (ethoxyquin, butylated hydroxytoluene and butylated hydroxyanisole) in fish feed and commercially farmed fish. *Food Additives and Contaminants - Part A*. 2010, 27(12), 1652–1657. DOI:<https://doi.org/10.1080/19440049.2010.508195>.
155. Lambert CR, Black HS, Truscott TG. Reactivity of butylated hydroxytoluene. *Free Radical Biology and Medicine*. 1996, 21(3), 395–400. DOI:[https://doi.org/10.1016/0891-5849\(96\)00050-0](https://doi.org/10.1016/0891-5849(96)00050-0).
156. Yılmaz E, Aydeniz B. Farklı doğal antioksidanların kızartma süresince yer fıstığı yağının fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *Academic Food Journal*.

2014, 12(1), 35–42.

157. Lanigan RS., Yamarik TA., Andersen FA. Final report on the safety assessment of BHT. *International Journal of Toxicology*. 2002, 21, 19-94. DOI:<https://doi.org/10.1080/10915810290096513>.
158. Papas AM. Oil-soluble antioxidants in foods. *Toxicology and Industrial Health*. 1993, 9(1-2), 123–149. DOI:<https://doi.org/10.1177/0748233793009001-210>.
159. Stephen W., Akram Sandhu M. Encapsulated butylated hydroxyanisole. *United States Patent* 1984,19, 452–578.
160. Williams GM., Iatropoulos MJ., Whysner J. Safety assessment of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food and Chemical Toxicology*. 1999, 37(9-10), 1027–1038. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(99)00085-X).
161. Branen AL. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1975, 52(2), 59–63. DOI:<https://doi.org/10.1007/BF02901825>.
162. Akkaya BA., Yanardağ R. Krom pikolinat ve L-glutamin'in antioksidan aktiviteleri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Kim Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, 96s. (Yüksek Lisans).
163. Sabuncuoğlu SA., Baydar T., Giray B., Şahin G. Mikotosinler: Toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*. 2008, 28(1), 63–92.
164. Yavaşer R. Doğal ve sentetik antioksidan bileşiklerin antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Kim Anabilim Dalı, Aydın, 2011, 104s. (Yüksek Lisans Tezi). DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.1985.tb07152.x>.
165. Xu X, Liu A, Hu S, Ares I, Martínez-Larrañaga MR, Wang X, et al. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food Chemistry*. 2021, 353, 1–15. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129488>.
166. Çakmakçı, S. ve Çelik, I. Gıda katkı maddeleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notu, Erzurum, 2000, 249 s.
167. Botterweck AAM., Verhagen H., Goldbohm RA., Kleinjans J., Van Den Brandt PA. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the netherlands cohort study. *Food and Chemical Toxicology*. 2000, 38(7), 599–605. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(00\)00042-9](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(00)00042-9).
168. Murakami Y, Kawata A, Katayama T, Fujisawa S. Anti-inflammatory activity of the artificial antioxidants 2-Tert-butyl-4-methoxyphenol (BHA), 2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT) and 2,4,6-tri-tert-butylphenol (TBP), and their various combinations. *In Vivo*. (Brooklyn) 2015, 29(2), 197–206.
169. Tekin T. Beyaz, yeşil ve siyah çay özütlerinin ayçiçek yağının oksidatif

- stabilitesi üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2021, 57s. (Yüksek Lisans Tezi).
170. Borazan AA. Öküzgözü üzümünden şarap üretiminde fermantasyon şartlarının antioksidan aktivite ve polifenoller üzerine etkisi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Kim Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Eskişehir, 2008, 146s. (Doktora Tezi).
 171. Bouaziz M, Sayadi S. Isolation and evaluation of antioxidants from leaves of a Tunisian cultivar olive tree. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2005, 107(7-8), 497–504. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.200501166>.
 172. Coppa CFSC, Gonçaves BL, In Lee SH, Nunes VMR, Gonçaves CB, Rodrigues CEC, et al. Extraction of oleuropein from olive leaves and applicability in foods. *Qual Assurance and Safe Crops Foods*. 2020, 12(4), 50–62. DOI:<https://doi.org/10.15586/qas.v12i4.779>.
 173. Demirli Ş. Zeytin yapraklarından saf oleuropein eldesi için moleküler baskılı katı-faz ekstraksiyon sistemi geliştirilmesi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Kim Ana Bilim Dalı, Eskişehir, 2012, 64s. (Yüksek Lisans Tezi).
 174. Anonim (2008). Natural Products from Olive Tree (*Olea europaea*) Byproducts. InsolEx project, Bi 4th Annual Meeting, December 2008, London, UK.
 175. Alnezhad H. Dilimlenmiş ve vakum ambalajlanmış sığır etinin raf ömrü üzerine ısırğan otu (*Urtica dioica* L .) su ekstraktının etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 2015, 63s. (Yüksek Lisans Tezi).
 176. Maaroufi L., Sazzad Hossain M., Tahri W., Landoulsi A. New insights of nettle (*urtica urens*): antioxidant and antimicrobial activities. *Journal of Medicinal Plants Research Full*. 2017, 11(4), 73–86. DOI:<https://doi.org/10.5897/JMPR2016.6278>.
 177. Gülçin İ, Küfrevioğlu Öİ, Oktay M, Büyükokuroğlu ME. Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.). *Journal Ethnopharmacol*. 2004, 90(2-3), 205–15. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.09.028>.
 178. Cetinus E, Kılınc M, İnanc F, Kurutaş EB, Buzkan N. The role of *urtica dioica* (*urticaceae*) in the prevention of oxidative stress caused by tourniquet application in rats. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 2005, 205(3), 215–221. DOI:<https://doi.org/10.1620/tjem.205.215>.
 179. Ayan AK, Çalışkan Ö. Economical importance of nettle (*urtica* spp.) and its cultivation. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 2006, 21(3), 357–363.
 180. Şener A, Gümüş A, Göker B, Arbak S, Özsavcı D, Yurtsever E. Isırğan otu (*Urtica dioica* L .) tohumu ekstresinin hepatoprotektif ve antioksidatif etkileri. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilim Tıp Dergisi*. 2010, 24(3), 167–72..
 181. Damanik M, Khairani I, Harahap F. Quality analysis of repeated frying of bulked palm oil on red potato using a deep fryer. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, 1819(1), 1-9. DOI:[109](https://doi.org/10.1088/1742-</div><div data-bbox=)

6596/1819/1/012036.

182. Zhang J, Zhang W, Zhang Y, Huang M, Sun B. Effects of food types, frying frequency, and frying temperature on 3-monochloropropane-1,2-diol esters and glycidyl esters content in palm oil during frying. *Foods*. 2021, 10(2266), 1–14. DOI:<https://doi.org/10.3390/foods10102266>.
183. Bansal G, Zhou W, Barlow PJ, Lo HL, Neo FL. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Food Chemistry*. 2010, 121(2), 338–47. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.034>.
184. Xu M, Thompson A, Chen B. Dynamic changes of 3-MCPD esters and glycidyl esters contents as well as oil quality during repeated deep-frying. *Food Science and Technology*. 2022, 153(112568), 1-8. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112568>.
185. Ceylan MM, Basturk A. Investigation of the effects of uckun (*Rheum ribes* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), and propolis extracts on the thermal oxidation of palm olein oil during the deep-frying process. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021, 46(2), 1–13. DOI:<https://doi.org/10.1111/jfpp.16210>.
186. Yang JH., Tran TTT, Le VVM. Effects of natural antioxidants on the palm olein quality during the heating and frying. *Journal Food Measurement Characterization*. 2020, 14(5), 2713–20. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11694-020-00517-x>.
187. Wong YH., Muhamad H., Abas F., Lai OM., Nyam KL., Tan CP. Effects of temperature and NaCl on the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters in refined, bleached and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry*. 2017, 219, 126–30. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.130>.
188. Ben Hammouda I., Zribi A., Ben Mansour A., Matthäus B., Bouaziz M. Effect of deep-frying on 3-MCPD esters and glycidyl esters contents and quality control of refined olive pomace oil blended with refined palm oil. *European Food Research Technology*. 2016, 243(7), 1219–1227. DOI:<https://doi.org/10.1007/s00217-016-2836-4>.
189. Ceylan MM., Baştürk A. Thermal oxidation, 3-MCPD and glycidyl esters formation in hazelnut oil enriched with natural extracts during French fries production. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2022, 1-13. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11694-022-01592-y>
190. Belkova B., Hradecky J., Hurkova K., Forstova V., Vaclavik L., Hajslova J. Impact of vacuum frying on quality of potato crisps and frying oil. *Food Chemistry*. 2018, 241, 51–59. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.062>.
191. Yıldırım A., Yorulmaz A. The effect of rosemary extract on 3-MCPD and glycidyl esters during frying. *Grasas y Aceites*. 2018, 69(4), 1–7. DOI:<https://doi.org/10.3989/gya.0347181>.

192. Ceylan MM. Kızartma yağlarının oksidatif stabilitesi üzerine farklı doğal antioksidan maddelerin etkisi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Van, 2020, 186s. (Doktora Tezi).
193. Ilko V., Zelinková Z., Doležal M., Velíšek J. 3-Chloropropane-1,2-diol fatty acid esters in potato products. *Czech Journal Food Sciences*. 2011, 29(4), 411–419. DOI:<https://doi.org/10.17221/468/2010-cjfs>.
194. Zhou H., Jin Q., Wang X., Xu X. Effects of temperature and water content on the formation of 3-chloropropane-1,2-diol fatty acid esters in palm oil under conditions simulating deep fat frying. *European Food Research Technology* 2014, 238(3), 495–501. DOI:<https://doi.org/10.1007/s00217-013-2126-3>.
195. Deniz Şirinyıldız D. Sığ (Temaslı) kızartma işleminin yemeklik yağlarda 3-MCPD ve glisidil ester içeriğine etkisi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Aydın, 2019, 64s. (Yüksek Lisans Tezi).
196. Kalkan O., Topkafa M., Kara H. Determination of effect of some parameters on formation of 2-monochloropropanediol, 3-monochloropropanediol and glycidyl esters in the frying process with sunflower oil, by using central composite design. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021, 96(8), 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103681>.
197. Morandi F., Bensa V., Calarco E., Pastorino F., Perri P., Corrias MV. The olive leaves extract has anti-tumor effects against neuroblastoma through inhibition of cell proliferation and induction of apoptosis. *Nutrients*. 2021, 13(7), 1–16. DOI:<https://doi.org/10.3390/nu13072178>.
198. AOCS (1989). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edn., edited by D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign, Free Fatty Acid Ca 5a-40 Method.
199. AOCS (2017), Cd 8b-90 peroxide value Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 6th ed. Firestone, D., editor Champaign, Illinois, AOCS Pres.
200. AOCS (2017), Official Ti 1a-64 Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society 7th edn., edited by D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign, Spectrophotometric Determination of Conjugated Dienoic Acid in Dehydrated Ca .
201. Tontul I., Topuz A. Mixture design approach in wall material selection and evaluation of ultrasonic emulsification in flaxseed oil microencapsulation. *Drying Technology: An International Journal*. 2013, 31(12), 1362–73. DOI:<https://doi.org/10.1080/07373937.2013.795964>.
202. Gracka A, Raczyk M, Hradecký J, Hajslova J, Jeziorski S, Karlovits G. Volatile compounds and other indicators of quality for cold-pressed rapeseed oils obtained from peeled, whole, flaked and roasted seeds. *European Journal of Lipid Science Technology*. 2017, 119(10), 1–9. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201600328>.

203. AOCS (2009). Official Method Ce 2-66 - Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids. In: Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 6th Edition. Ed.: Firestone D, Champaign, Illinois, American Oil Chemists Society.
204. Rotondi A., Bendini A., Cerretani L., Mari M., Lercker G., Toschi TG. Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic properties of cv. Nostrana di Brisighella extra virgin olive oil. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 2004, 52(11), 3649–54. DOI:<https://doi.org/10.1021/jf049845a>.
205. AOCS Cd 12b-92 (1992) Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society AOM or OSI. AOCS Press, Champaign.
206. DGF Standart Methods. 2011. Section C-Fats, C-VI 18(10).
207. Rayman Ergün A., Kutlu B., Ayriç F., Baysal T. Ilımlı elektrik alan ve ultrases ön işlemlerinin mikrodalga ve derin yağda kızartma teknikleriyle üretilen havuç cipslerinin renk ve nem içeriği üzerine etkisi. *Akademik Gıda*. 2020, 18(4), 382–389. DOI:<https://doi.org/10.24323/akademik-gida.850902>.
208. Sarıkaya İ. Ayçiçek , mısır ve kanola yağlarının kızartma dayanıklılıklarının karşılaştırılması. Trak Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Fiz Anabilim Dalı, Edirne, 2010, 62s. (Yüksek Lisans Tezi).
209. Abbas Ali M., Nouruddeen ZB., Muhamad II., Latip RA., Othman NH., Mahmood NAN. Impact of palm olein addition on the thermooxidative degradation of canola oil during frying. *Chiang Mai Journal Science*. 2013, 40(4), 643–55.
210. Lalas S, Dourtoglou V. Use of rosemary extract in preventing oxidation during deep-fat frying of potato chips. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 2003, 80(6), 579–83.
211. Al-Kahtani HA. Survey of quality of used frying oils from restaurants. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 1991 68(11), 857–862. DOI:<https://doi.org/10.1007/BF02660602>.
212. Papadakis, S. E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R. E., & Yam, K. L. A Versatile and Inexpensive Technique for Measuring Color of Foods. *Food Technology*. 2000, 54(12), 48-51.
213. Blumenthal, M. M., (1996), Frying technology in Y. H. Hui Editors of Bailey's industrial oil and fat products. Vol 3: Edible oil and fat products; Products and application technology (5th edn.) John Wiley & Sons, Inc. 605 Third Avenue, New York, N. Y. USA
214. Enríquez-Fernández BE., Álvarez de la Cadena y Yañez L., Sosa-Morales ME. Comparison of the stability of palm olein and a palm olein/canola oil blend during deep-fat frying of chicken nuggets and French fries. *International Journal of Food Science and Technology*. 2011, 46(6), 1231–1237. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02627.x>.
215. Jaswir I., Che Man YB., Kitts DD. Use of natural antioxidants in refined palm olein during repeated deep-fat frying. *Food Research International*. 2000, 33(6), 501–508. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00075-2).

216. Fauziah A., Razali I., Nor Aini S. Frying performance of palm olein and high oleic sunflower oil during batch frying of potato crips. *Palm Oil Developments*. 2002, 33, 1–7.
217. Debnath S., Rastogi NK., Gopala Krishna AG., Lokesh BR. Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food. *Food Bioproducts Process*. 2012, 90(2), 249–256. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.05.001>.
218. Uslu N. Kızartma tekerrür sayısının farklı bitkisel yağların fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2014, 67s. (Yüksek Lisans Tezi).
219. Ramli N, Nafar M, Jaswir I. Oxidative stability of blend oil during deep-fat frying of potato chips. *Pakistan Journal Of Nutrition*. 2012, 11(9), 828–832.
220. Farag RS, Mahmoud EA, Basuny AM. Use crude olive leaf juice as a natural antioxidant for the stability of sunflower oil during heating. *International Journal of Food Science and Technology*. 2007, 42(1), 107–115. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01374.x>.
221. Sarıca Y. Doğal bitki ekstraktlarının kızartma yağlarının oksidatif stabilitesi üzerine etkisi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Aydın, 2015, 64s. (Yüksek Lisans Tezi).
222. Rafiee Z., Jafari SM., Alami M., Khomeiri M. Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from olive leaves; a comparison with maceration. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2011, 21(4), 738–745.
223. Abdulkarim SM., Long K., Lai OM., Muhammad SKS., Ghazali HM. Frying quality and stability of high-oleic Moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*. 2007, 105(4), 1382–1389. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.013>.
224. Zhang Y., Yang L., Zu Y., Chen X., Wang F., Liu F. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. *Food Chemistry*. 2010, 118(3), 656–662. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.038>.
225. Maskan M, Bağcı İ., H. Kızartma işleminde kullanılan ayçiçek yağının çeşitli adsorbantlar yardımıyla arındırılması. Türkiye 9 Gıda Kongresi. Bolu. 2006, 373–376.
226. Inanç T., Maskan M. Effect of carvacrol on the oxidative stability of palm oil during frying. *Grasas y Aceites* 2014, 65(4), 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3989/gya.0350141>.
227. Kırılan M. Ayçiçek yağının oksidatif stabilitesi üzerine ısırgan (*Urtica dioica* L.), Keten (*Linum usitatissimum* L.), kişniş (*Coriandrum sativum* L.) ve çörekotu (*Nigella sativa* L.) tohum ekstraktlarının etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2006, 47s. (Yüksek Lisans Tezi).

228. Özbek Aksoylu Z. Kabak çekirdeği yağının mikroenkapsülasyonunun optimizasyonu. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2018, 290s. (Doktora Tezi).
229. Zribi A., Jabeur H., Matthäus B., Bouaziz M. Quality control of refined oils mixed with palm oil during repeated deep-frying using FT-NIRS, GC, HPLC, and multivariate analysis. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2016, 118(4), :512–523. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201500149>.
230. Aachary AA, Chen Y, Eskin NAM, Thiyam-Hollander U. Crude canolol and canola distillate extracts improve the stability of refined canola oil during deep-fat frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2014, 116(11), 1467–1476. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201300498>.
231. Nacaroglu S. Effect of butylated hydroxytoluene and essential oils of thymbra spicata on stability of corn and palm oils during deep-fat frying. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 2006, 64s. (Yüksek Lisans Tezi).
232. Houhoula DP., Oreopoulou V., Tzia C. Antioxidant efficiency of oregano during frying and storage of potato chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2003, 83(14), 1499–1503. DOI:<https://doi.org/10.1002/jsfa.1567>.
233. Yıldırım Ö., Çantaş İB. Deniz levreği ve çipura yemlerinde totoks değerlerinin zamana bağlı değişimi üzerine bir araştırma. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilim Dergisi*. 2020, 5(2), 264–269. DOI: <https://doi.org/10.35229/jaes.697666>
234. Sun YE., Wang WD., Chen HW., Li C. Autoxidation of unsaturated lipids in food emulsion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2011, 51(5), 453–466. DOI:<https://doi.org/10.1080/10408391003672086>.
235. Naghshineh M., Ariffin AA., Ghazali HM., Mirhosseini H., Mohammad AS., Kuntom A. Influence of partial replacement of olive oil on frying performance of palm olein. *Journal of Food Lipids*. 2009, 16(4), 554–568. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2009.01166.x>.
236. Serjouie A, Tan CP, Mirhosseini H, Man YBC. Effect of vegetable-based oil blends on physicochemical properties of oils during deep-fat frying. *American Journal of Food Technology*. 2010, 5(5), 310–323. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajft.2010.310.323>.
237. Maskan M., Horuz E. Evaluation of antioxidant properties of za'atar (Thymbra spicata) essential oils as natural antioxidant for stability of palm olein during deep-fat frying process. *Journal of Food Science and Technology*. 2017, 54(7), 1794–1801. DOI:<https://doi.org/10.1007/s13197-017-2608-6>.
238. Mariod A., Matthäus B., Eichner K., Hussein IH. Frying quality and oxidative stability of two unconventional oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* . 2006, 83(6), 529–538. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11746-006-1236-5>.
239. Innawong B., Mallikarjunan P., Marcy JE. The determination of frying oil quality using a chemosensory system. *Lebensmittel-Wissenschaft und -*

- Technologie. 2004, 37(1), 35–41. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00122-1](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00122-1).
240. Yuan L., Jiang F., Cao X., Liu Y., Xu YJ. Metabolomics reveals the toxicological effects of polar compounds from frying palm oil. *Food Function*. 2020, 11(2), 1611–1623. DOI:<https://doi.org/10.1039/c9fo02728a>.
241. Anon. (2007) Kızartma amacıyla kullanılan katı ve sıvı yağların kontrol kriterleri tebliği 26627 C.F.R.
242. Ahmad Tarmizi AH., Niranjan K., Gordon M. Physico-chemical changes occurring in oil when atmospheric frying is combined with post-frying vacuum application. *Food Chemistry*. 2013, 136(2), 902–908. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.001>.
243. Aladedunye FA., Przybylski R. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2009, 86(2), 149–156. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11746-008-1328-5>.
244. Aydeniz B., Yilmaz E. Enrichment of frying oils with plant phenolic extracts to extend the usage life. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2012, 114(8), 933–941. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201100228>.
245. Topuz S. Farklı zeytin çeşidi yapraklarından oleuropeinin ekstraksiyonu, kısmi saflaştırılması, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat, 2019, 87s. (Yüksek Lisans Tezi).
246. Ranieri M., Di Mise A., Difonzo G., Centrone M., Venneri M., Pellegrino T. Green olive leaf extract (OLE) provides cytoprotection in renal cells exposed to low doses of cadmium. *Plos One*. 2019, 14(3), 1–21. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214159>.
247. Ramadan MF., Amer MMA., Sulieman AERM. Correlation between physicochemical analysis and radical-scavenging activity of vegetable oil blends as affected by frying of French fries. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2006, 108(8), 670–678. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.200600058>.
248. Tangpanithandee N, On-Nom N, Srichamnong W. 2019. Effect of vegetable oil blending on acrylamide during potato deep-frying. *Malaysian Applied Biology*. 48(4), 47–51.
249. Büyükyılmaz N., Mutlu Keçeli T. Sentetik antioksidanların bitkisel yağların oksidatif ve termalstabilitesine etkisinin belirlenmesi. *ÇÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2018, 36(2), 61–70.
250. Yaşkiran K. Kızartmalık mısırozü yağı kalitesinin iyileştirilmesinde üç farklı turunçgil albedosunun suni bir antioksidan ve adsorban ile karşılaştırılması. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Aydın, 2020, 77s. (Yüksek Lisans Tezi).
251. Waghmare A., Patil S., LeBlanc JG., Sonawane S., Arya SS. Comparative assessment of algal oil with other vegetable oils for deep frying. *Algal Research*.

2018, 31, 99–106. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.01.019>..

252. Matthäus B. Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2006, 108(3), 200–211. DOI:<https://doi.org/10.1002/ejlt.200500249>..
253. Farhoosh R, Moosavi SMR. Rancimat test for the assessment of used frying oils quality. *Journal of Food Lipids*. 2007, 14(3), 263–271. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2007.00084.x>.
254. Yang Y, Song X, Sui X, Qi B, Wang Z, Li Y, et al. Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*. 2016, 80, 141–147. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.044>.
255. Andrikopoulos NK., Salta FN., Mylona A., Chiou A., Boskou G. Oxidative stability of edible vegetable oils enriched in polyphenols with olive leaf extract. *Food Science and Technology International*. 2007, 13(6), 413–421. DOI:<https://doi.org/10.1177/1082013208089563>.

EKLER

EK A. Korelasyon Tabloları

EK A1. Kontrol grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri

EK A2. BHT grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri

EK A3. BHT+BHA grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri

EK A4. Zeytin yaprağı grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri

EK A5. Isırgan otu grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri

EK B. Hata Çubukları

EK B.1. Kontrol grubu yağların renk analizi, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, Totox, toplam polar madde, DPPH antioksidan aktivite, ransimat analizi, 3-MCPD/GE analizi hata çubukları

EK B.2. BHT grubu yağların renk analizi, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, Totox, toplam polar madde, DPPH antioksidan aktivite, ransimat analizi, 3-MCPD/GE analizi hata çubukları

EK B.3. BHT+BHA grubu yağların renk analizi, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, Totox, toplam polar madde, DPPH antioksidan aktivite, ransimat analizi, 3-MCPD/GE analizi hata çubukları

EK B.4. Zeytin yaprağı grubu yağların renk analizi, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, Totox, toplam polar madde, DPPH antioksidan aktivite, ransimat analizi, 3-MCPD/GE analizi hata çubukları

EK B.5. Isırgan otu grubu yağların renk analizi, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, Totox, toplam polar madde, DPPH antioksidan aktivite, ransimat analizi, 3-MCPD/GE analizi hata çubukları

EK C. İstatistiksel Analiz Veriler

Veri D.1. Renk Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.2. Serbest Asitlik Değeri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.3. Peroksit Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.4. Konjuge Dien Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.5. P-Anisidin Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.6. Totox Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.7. Toplam Polar Madde Miktarı SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.8. DPPH Antioksidan Aktivite Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.9. Ransimat Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.10. 3-MCPD Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Veri D.11. GE Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

EK A1. Kontrol grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri

Kontrol	3-MCPD	GE	SYA	Peroksit Sayısı	Konjuge Dien	P-anisidin	Renk kırmızılık	Renk sarılık	Renk mavilik	Ransimat	Toplam Polar Madde	Totox	DPPH	Σ Doymuş yağ asidi	Σ Tekli doymamış yağ asidi	Σ Çoklu doymamış yağ asidi
3-MCPD	1	,699** ,000	-,792** ,000	-,777** ,000	-,869** ,000	-,808** ,000	-,693** ,000	-,950** ,000	-,312 ,121	,040 ,848	-,859** ,000	-,809** ,000	,590** ,002	-,111 ,589	-,137 ,503	,286 ,156
GE	,699** ,000	1	-,790** ,000	-,851** ,000	-,685** ,000	-,731** ,000	-,669** ,000	-,725** ,000	-,636** ,000	,239 ,240	-,882** ,000	-,740** ,000	,630** ,001	,424* ,031	-,468* ,016	-,076 ,713
SYA	-,792** ,000	-,790** ,000	1	,926** ,000	,883** ,000	,960** ,000	,923** ,000	,853** ,000	,721** ,000	-,102 ,620	,825** ,000	,962** ,000	-,773** ,000	,004 ,984	,309 ,124	-,440* ,025
Peroksit Sayısı	-,777** ,000	-,851** ,000	,926** ,000	1	,849** ,000	,919** ,000	,906** ,000	,833** ,000	,770** ,000	-,339 ,090	,874** ,000	,926** ,000	-,787** ,000	-,137 ,504	,507** ,008	-,360 ,071
Konjuge dien	-,869** ,000	-,685** ,000	,883** ,000	,849** ,000	1	,888** ,000	,806** ,000	,902** ,000	,464* ,017	-,058 ,778	,832** ,000	,889** ,000	-,658** ,000	,115 ,575	,086 ,675	-,334 ,096
P-anisidin	-,808** ,000	-,731** ,000	,960** ,000	,919** ,000	,888** ,000	1	,975** ,000	,891** ,000	,734** ,000	-,160 ,434	,790** ,000	1,000** ,000	-,796** ,000	,145 ,479	,272 ,178	-,546** ,004
Renk kırmızılık	-,693** ,000	-,669** ,000	,923** ,000	,906** ,000	,806** ,000	,975** ,000	1	,813** ,000	,825** ,000	-,260 ,200	,709** ,000	,976** ,000	-,797** ,000	,180 ,380	,325 ,105	-,613** ,001
Renk sarılık	-,950** ,000	-,725** ,000	,853** ,000	,833** ,000	,902** ,000	,891** ,000	,813** ,000	1	,463* ,017	-,082 ,690	,846** ,000	,891** ,000	-,633** ,001	,206 ,312	,163 ,425	-,386 ,052
Renk mavilik	-,312 ,121	-,636** ,000	,721** ,000	,770** ,000	,464* ,017	,734** ,000	,825** ,000	,463* ,017	1	-,376 ,059	,496** ,010	,738** ,000	-,607** ,001	-,051 ,803	,582** ,002	-,408* ,039
Ransimat	,040 ,848	,239 ,240	-,102 ,620	-,339 ,090	-,058 ,778	-,160 ,434	-,260 ,200	-,082 ,690	-,376 ,059	1	-,219 ,282	-,170 ,407	,359 ,072	,073 ,722	-,271 ,181	-,037 ,856
Toplam polar Madde	-,859** ,000	-,882** ,000	,825** ,000	,874** ,000	,832** ,000	,790** ,000	,709** ,000	,846** ,000	,496** ,010	-,219 ,282	1	,797** ,000	-,707** ,000	-,209 ,307	,349 ,080	-,072 ,728
Totox	-,809** ,000	-,740** ,000	,962** ,000	,926** ,000	,889** ,000	1,000** ,000	,976** ,000	,891** ,000	,738** ,000	-,170 ,407	,797** ,000	1	-,799** ,000	,132 ,521	,285 ,158	-,538** ,005
DPPH	,590** ,002	,630** ,001	-,773** ,000	-,787** ,000	-,658** ,000	-,796** ,000	-,797** ,000	-,633** ,001	-,607** ,001	,359 ,072	-,707** ,000	-,799** ,000	1	,098 ,632	-,349 ,081	,319 ,113
Σ Doymuş yağ asidi	-,111 ,589	,424* ,031	,004 ,984	-,137 ,504	,115 ,575	,145 ,479	,180 ,380	,206 ,312	-,051 ,803	,073 ,722	-,209 ,307	-,132 ,521	,098 ,632	1	-,466* ,016	-,572** ,002
Σ Tekli doymamış yağ asidi	-,137 ,503	-,468* ,016	,309 ,124	-,507** ,008	,086 ,675	,272 ,178	,325 ,105	,163 ,425	,582** ,002	-,271 ,181	,349 ,080	,285 ,158	-,349 ,081	-,466* ,016	1	-,146 ,478
Σ Çoklu doymamış yağ asidi	,286 ,156	-,076 ,713	-,440* ,025	-,360 ,071	-,334 ,096	-,546** ,004	-,613** ,001	-,386 ,052	-,408* ,039	-,037 ,856	-,072 ,728	-,538** ,005	,319 ,113	-,572** ,002	-,146 ,478	1

EK A2. BHT grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve *p* değerleri

BHT	3-MCPD	GE	SYA	Peroksit Sayısı	Konjuge dien	P-anisidin	Renk kırmızılık	Renk sarılık	Renk mavilik	Ransimat	Toplam Polar Madde	Totox	DPPH	∑ Doymuş yağ asidi	∑ Tekli doymamış yağ asidi	∑ Çoklu doymamış yağ asidi
3-MCPD	1	,844**	-,771**	-,866**	-,827**	-,875**	-,714**	-,921**	-,492*	,801**	-,926**	-,877**	,633**	-,038	-,129	,151
		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,011	,000	,000	,000	,001	,853	,530	,460
GE	,844**	1	-,691**	-,732**	-,766**	-,777**	-,612**	-,831**	-,406*	,842**	-,820**	-,777**	,554**	-,040	,002	,129
	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,000	,040	,000	,000	,000	,003	,848	,993	,530
SYA	-,771**	-,691**	1	,882**	,598**	,873**	,683**	,738**	,882**	-,804**	,831**	,876**	-,847**	,161	,012	-,320
	,000	,000	,000	,000	,001	,000	,000	,000	,003	,000	,000	,000	,000	,433	,954	,111
Peroksit Sayısı	-,866**	-,732**	,882**	1	,832**	,938**	,862**	,903**	,690**	-,834**	,953**	,945**	-,682**	-,069	,165	-,112
	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,737	,421	,585
Konjuge dien	-,827**	-,766**	,598**	,832**	1	,804**	,819**	,859**	,678**	-,838**	,877**	,808**	-,388**	-,057	,091	-,043
	,000	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,050	,783	,658	,835
P-anisidin	-,875**	-,777**	,873**	,938**	,804**	1	,888**	,928**	,711**	-,890**	,943**	1,000**	-,605**	-,062	,192	-,163
	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,763	,348	,427
Renk kırmızılık	-,714**	-,612**	,683**	,862**	,819**	,888**	1	,832**	,901**	-,815**	,885**	,890**	-,340	-,256	,373	,011
	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,090	,207	,061	,959
Renk sarılık	-,921**	-,831**	,738**	,903**	,859**	,928**	,832**	1	,595**	-,838**	,927**	,929**	-,507**	-,152	,232	-,075
	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,000	,000	,000	,008	,460	,254	,715
Renk mavilik	-,492*	-,406*	,566**	,690**	,678**	,711**	,901**	,595**	1	-,674**	,715**	,712**	-,242	-,231	,359	,105
	,011	,040	,003	,000	,000	,000	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,234	,256	,071	,610
Ransimat	,801**	,842**	-,804**	-,834**	-,838**	-,890**	-,815**	-,838**	-,674**	1	-,867**	-,890**	,507**	,048	-,121	,133
	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,008	,817	,555	,519
Toplam Polar Madde	-,926**	-,820**	,831**	,953**	,877**	,943**	,885**	,927**	,715**	-,867**	1	,947**	-,627**	-,091	,222	-,067
	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,658	,276	,746
Totox	-,877**	-,777**	,876**	,945**	,808**	1,000**	,890**	,929**	,712**	-,890**	,947**	1	-,612**	-,063	,191	-,161
	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,761	,351	,433
DPPH	,633**	,554**	-,847**	-,682**	-,388*	-,605**	-,340	-,507**	-,242	,507**	-,627**	-,612**	1	-,360	,231	,364
	,001	,003	,000	,000	,050	,001	,090	,008	,234	,008	,001	,001	,001	,071	,255	,067
∑ Doymuş yağ asidi	-,038	-,040	,161	-,069	-,057	-,062	-,256	-,152	-,231	,048	-,091	-,063	-,360	1	-,780**	-,757**
	,853	,848	,433	,737	,783	,763	,207	,460	,256	,817	,658	,761	,071	,000	,000	,000
∑ Tekli doymamış yağ asidi	-,129	,002	,012	,165	,091	,192	,373	,232	,359	-,121	,222	,191	,231	-,780**	1	,475*
	,530	,993	,954	,421	,658	,348	,061	,254	,071	,555	,276	,351	,255	,000		,014
∑ Çoklu doymamış yağ asidi	,151	,129	-,320	-,112	-,043	-,163	,011	-,075	,105	,133	-,067	-,161	,364	-,757**	,475*	1
	,460	,530	,111	,585	,835	,427	,959	,715	,610	,519	,746	,433	,067	,000	,014	

EK A3. BHT+BHA grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve *p* değerleri

BHT+BHT	3-MCPD	GE	SYA	Peroksit sayısı	Konjuge dien	P-anisidin	Renk kırmızılık	Renk sarılık	Renk mavilik	Ransimat	Toplam Polar Madde	Totox	DPPH	∑ Doymuş yağ asidi	∑ Tekli doymamış yağ asidi	∑ Çoklu doymamış yağ asidi
3-MCPD	1	,669** ,000	-,885** ,000	-,836** ,000	-,920** ,000	-,864** ,000	-,753** ,000	-,928** ,000	-,594** ,001	,784** ,000	-,935** ,000	-,863** ,000	,872** ,000	-,260 ,200	,094 ,649	,247 ,224
GE	,669** ,000	1	-,386 ,051	-,316 ,116	-,513** ,007	-,328 ,102	-,195 ,339	-,490* ,011	-,063 ,758	,509** ,008	-,477* ,014	-,328 ,102	,604** ,001	,090 ,663	-,206 ,313	,062 ,765
SYA	-,885** ,000	-,386 ,051	1	,943** ,000	,934** ,000	,952** ,000	,945** ,000	,920** ,000	,837** ,000	-,810** ,000	,973** ,000	,953** ,000	-,834** ,000	,412* ,037	-,246 ,225	-,389* ,049
Peroksit sayısı	-,836** ,000	-,316 ,116	,943** ,000	1	,913** ,000	,978** ,000	,928** ,000	,881** ,000	,810** ,000	-,719** ,000	,939** ,000	,981** ,000	-,819** ,000	,463* ,017	-,310 ,124	-,421* ,032
Konjuge dien	-,920** ,000	-,513** ,007	,934** ,000	,913** ,000	1	,916** ,000	,856** ,000	,928** ,000	,740** ,000	-,790** ,000	,950** ,000	,917** ,000	-,850** ,000	,356 ,075	-,212 ,298	-,244 ,230
P-anisidin	-,864** ,000	-,328 ,102	,952** ,000	,978** ,000	,916** ,000	1	,916** ,000	,922** ,000	,784** ,000	-,749** ,000	,945** ,000	1,000** ,000	-,840** ,000	,439* ,025	-,266 ,190	-,409* ,038
Renk kırmızılık	-,753** ,000	-,195 ,339	,945** ,000	,928** ,000	,856** ,000	,916** ,000	1	,798** ,000	,948** ,000	-,721** ,000	,922** ,000	,918** ,000	-,688** ,000	,484* ,012	-,347 ,083	-,429* ,029
Renk sarılık	-,928** ,000	-,490* ,011	,920** ,000	,881** ,000	,928** ,000	,922** ,000	,798** ,000	1	,620** ,001	-,755** ,000	,920** ,000	,921** ,000	-,855** ,000	,401* ,042	-,227 ,265	-,291 ,149
Renk mavilik	-,594** ,001	-,063 ,758	,837** ,000	,810** ,000	,740** ,000	,784** ,000	,948** ,000	,620** ,001	1	-,655** ,000	,812** ,000	,787** ,000	-,498** ,010	,483* ,012	-,388 ,050	-,401* ,042
Ransimat	,784** ,000	,509** ,008	-,810** ,000	-,719** ,000	-,790** ,000	-,749** ,000	-,721** ,000	-,755** ,000	-,655** ,000	1	-,825** ,000	-,748** ,000	,692** ,000	-,223 ,274	,088 ,669	,230 ,259
Toplam Polar Madde	-,935** ,000	-,477* ,014	,973** ,000	,939** ,000	,950** ,000	,945** ,000	,922** ,000	,920** ,000	,812** ,000	-,825** ,000	1	,945** ,000	-,839** ,000	,398* ,044	-,233 ,253	-,339 ,090
Totox	-,863** ,000	-,328 ,102	,953** ,000	,981** ,000	,917** ,000	1,000** ,000	,918** ,000	,921** ,000	,787** ,000	-,748** ,000	,945** ,000	1	-,840** ,000	,441* ,024	-,269 ,184	-,410* ,037
DPPH	,872** ,000	,604** ,001	-,834** ,000	-,819** ,000	-,850** ,000	-,840** ,000	-,688** ,000	-,855** ,000	-,498** ,010	,692** ,000	-,839** ,000	-,840** ,000	1	-,180 ,380	-,034 ,870	,366 ,066
∑ Doymuş yağ asidi	-,260 ,200	,090 ,663	,412* ,037	,463* ,017	,356 ,075	,439* ,025	,484* ,012	,401* ,042	,483* ,012	-,223 ,274	,398* ,044	,441* ,024	-,180 ,380	1	-,947** ,000	-,497** ,010
∑ Tekli doymamış yağ asidi	,094 ,649	-,206 ,313	-,246 ,225	-,310 ,124	-,212 ,298	-,266 ,190	-,347 ,083	-,227 ,265	-,388 ,050	,088 ,669	-,233 ,253	-,269 ,184	-,034 ,870	-,947** ,000	1 ,000	,264 ,192
∑ Çoklu doymamış yağ asidi	,247 ,224	,062 ,765	-,389* ,049	-,421* ,032	-,244 ,230	-,409* ,038	-,429* ,029	-,291 ,149	-,401* ,042	,230 ,259	-,339 ,090	-,410* ,037	,366 ,066	-,497** ,010	,264 ,192	1

EK A4. Zeytin yaprağı grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve *p* değerleri

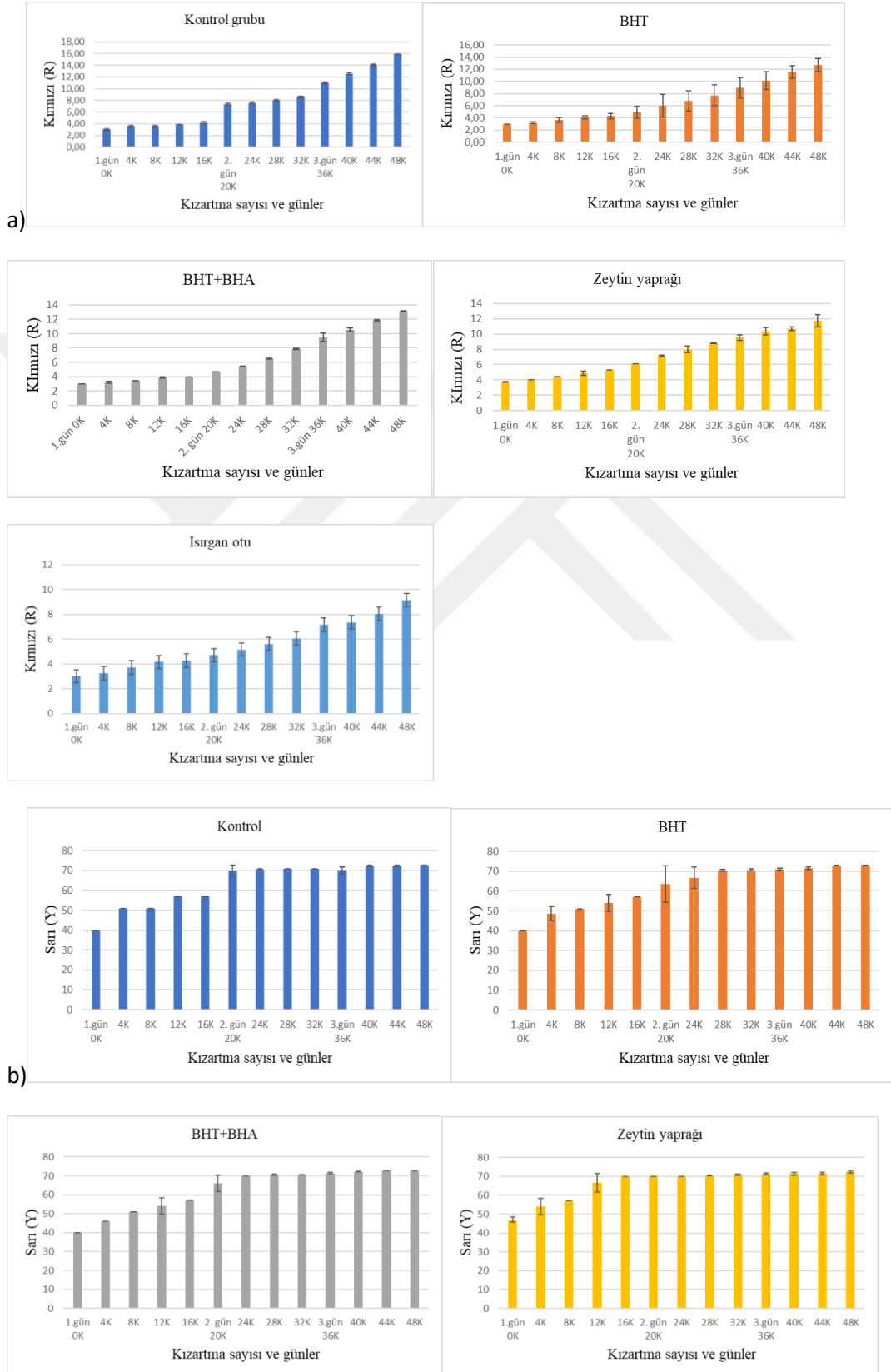
Zeytin yaprağı	3-MCPD	GE	SYA	Peroksit Sayısı	Konjuge Dien	P-anisidin	Renk kırmızılık	Renk sarılık	Renk mavilik	Ransimat	Toplam Polar Madde	Totox	DPPH	∑ Doymuş yağ asidi	∑ Tekli doymamış yağ asidi	∑ Çoklu doymamış yağ asidi
3-MCPD	1	,308 ,126	-,708** ,000	-,559** ,003	-,689** ,000	-,729** ,000	-,678** ,000	-,862** ,000	-,435* ,026	,658** ,000	-,668** ,000	-,714** ,000	,850** ,000	-,100 ,627	,059 ,776	-,007 ,974
GE	,308 ,126	1	-,274 ,175	-,220 ,281	-,390* ,049	-,376 ,058	-,224 ,272	-,375 ,059	-,286 ,157	,154 ,453	-,283 ,161	-,362 ,069	,565** ,003	-,400* ,043	,334 ,095	,148 ,470
SYA	-,708** ,000	-,274 ,175	1	,932** ,000	,934** ,000	,949** ,000	,974** ,000	,807** ,000	,882** ,000	-,900** ,000	,967** ,000	,957** ,000	-,682** ,000	,137 ,504	-,032 ,876	,142 ,489
Peroksit Sayısı	-,559** ,003	-,220 ,281	,932** ,000	1	,921** ,000	,905** ,000	,929** ,000	,718** ,000	,871** ,000	-,898** ,000	,953** ,000	,925** ,000	-,625** ,001	,077 ,707	-,003 ,988	,194 ,342
Konjuge dien	-,689** ,000	-,390* ,049	,934** ,000	,921** ,000	1	,917** ,000	,924** ,000	,826** ,000	,836** ,000	-,864** ,000	,957** ,000	,926** ,000	-,788** ,000	,097 ,636	-,064 ,758	,211 ,302
P-anisidin	-,729** ,000	-,376 ,058	,949** ,000	,905** ,000	,917** ,000	1	,959** ,000	,770** ,000	,911** ,000	-,898** ,000	,943** ,000	,999** ,000	-,736** ,000	,193 ,344	-,102 ,621	,125 ,543
Renk kırmızılık	-,678** ,000	-,224 ,272	,974** ,000	,939** ,000	,924** ,000	,959** ,000	1	,741** ,000	,921** ,000	-,918** ,000	,969** ,000	,967** ,000	-,656** ,000	,060 ,771	,017 ,934	,194 ,342
Renk sarılık	-,862** ,000	-,375 ,059	,807** ,000	,718** ,000	,826** ,000	,770** ,000	,741** ,000	1	,523** ,006	-,707** ,000	,817** ,000	,772** ,000	-,885** ,000	,137 ,505	-,108 ,600	,080 ,696
Renk mavilik	-,435* ,026	-,286 ,157	,882** ,000	,871** ,000	,836** ,000	,911** ,000	,921** ,000	,523** ,006	1	-,809** ,000	,873** ,000	,917** ,000	-,463* ,017	,179 ,381	-,108 ,598	,196 ,337
Ransimat	,658** ,000	,154 ,453	-,900** ,000	-,898** ,000	-,864** ,000	-,898** ,000	-,918** ,000	-,707** ,000	-,809** ,000	1	-,906** ,000	-,907** ,000	,651** ,000	,009 ,966	-,068 ,743	-,211 ,300
Toplam polar Madde	-,668** ,000	-,283 ,161	,967** ,000	,953** ,000	,957** ,000	,943** ,000	,969** ,000	,817** ,000	,873** ,000	-,906** ,000	1	,954** ,000	-,729** ,000	,056 ,784	,029 ,887	,184 ,369
Totox	-,714** ,000	-,362 ,069	,957** ,000	,925** ,000	,926** ,000	,999** ,000	,967** ,000	,772** ,000	,917** ,000	-,907** ,000	,954** ,000	1	-,727** ,000	,182 ,373	-,092 ,656	,134 ,514
DPPH	,850** ,000	,565** ,003	-,682** ,000	-,625** ,001	-,788** ,000	-,736** ,000	-,656** ,000	-,885** ,000	-,463* ,017	,651** ,000	-,729** ,000	-,727** ,000	1	-,107 ,604	,092 ,655	-,038 ,855
∑ Doymuş yağ asidi	-,100 ,627	-,400* ,043	,137 ,504	,077 ,707	,097 ,636	,193 ,344	,060 ,771	,137 ,505	,179 ,381	,009 ,966	,056 ,784	,182 ,373	-,107 ,604	1	-,898** ,000	-,576** ,002
∑ Tekli doymamış yağ asidi	,059 ,776	,334 ,095	-,032 ,876	-,003 ,988	-,064 ,758	-,102 ,621	,017 ,934	-,108 ,600	-,108 ,598	-,068 ,743	,029 ,887	-,092 ,656	,092 ,655	-,898** ,000	1	,478* ,014
∑ Çoklu doymamış yağ asidi	-,007 ,974	,148 ,470	,142 ,489	,194 ,342	,211 ,302	,125 ,543	,194 ,342	,080 ,696	,196 ,337	-,211 ,300	,184 ,369	,134 ,514	-,038 ,855	-,576** ,002	,478* ,014	1

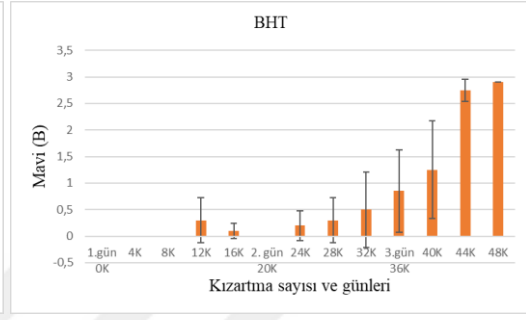
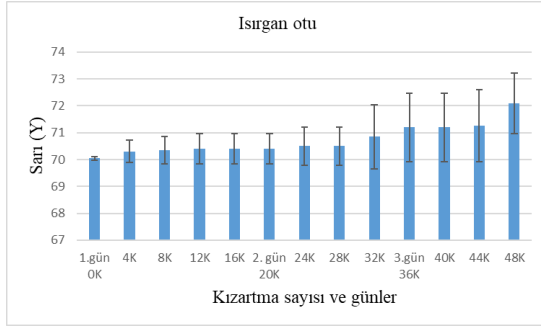
EK A5. Isırgan otu grubu yağlarının, 3-MCPD, GE, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien, p-anisidin, renk değerleri, ransimat analizi, toplam polar madde, Totox, DPPH antioksidan aktivite analizi, toplam doymuş yağ asidi, toplam tekli doymamış yağ asidi toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarları arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları ve *p* değerleri

Isırgan otu	3-MCPD	GE	SYA	Peroksit Sayısı	Konjuge Dien	P-anisidin	Renk kırmızılık	Renk sarılık	Renk mavilik	Ransimat	Toplam Polar Madde	Totox	DPPH	∑ Doymuş yağ asidi	∑ Tekli doymamış yağ asidi	∑ Çoklu doymamış yağ asidi
3-MCPD	1	,369 ,064	-,612** ,001	-,616** ,001	-,668** ,000	-,630** ,001	-,550** ,004	-,310 ,123	-,326 ,104	,491* ,011	-,639** ,000	-,632** ,001	,745** ,000	-,159 ,439	-,236 ,245	,106 ,607
GE	,369 ,064	1	-,460* ,018	-,603** ,001	-,545** ,004	-,471* ,015	-,474* ,014	-,426* ,030	-,404* ,041	,359 ,071	-,533** ,005	-,492* ,011	,696** ,000	-,085 ,681	,069 ,736	-,127 ,535
SYA	-,612** ,001	-,460* ,018	1	,954** ,000	,893** ,000	,991** ,000	,955** ,000	,642** ,000	,636** ,000	-,863** ,000	,987** ,000	,992** ,000	-,745** ,000	-,276 ,173	,348 ,081	,328 ,102
Peroksit Sayısı	-,616** ,001	-,603** ,001	,954** ,000	1	,907** ,000	,955** ,000	,913** ,000	,613** ,001	,610** ,001	-,840** ,000	,972** ,000	,966** ,000	-,849** ,000	-,221 ,277	,211 ,301	,321 ,110
Konjuge dien	-,668** ,000	-,545** ,004	,893** ,000	,907** ,000	1	,911** ,000	,797** ,000	,429* ,029	,407* ,039	-,795** ,000	,912** ,000	,916** ,000	-,863** ,000	-,200 ,327	,193 ,345	,299 ,138
P-anisidin	-,630** ,001	-,471* ,015	,991** ,000	,955** ,000	,911** ,000	1	,939** ,000	,613** ,001	,604** ,001	-,873** ,000	,983** ,000	,999** ,000	-,753** ,000	-,300 ,137	,334 ,096	,339 ,090
Renk kırmızılık	-,550** ,004	-,474* ,014	,955** ,000	,913** ,000	,797** ,000	,939** ,000	1	,832** ,000	,820** ,000	-,762** ,000	,938** ,000	,941** ,000	-,661** ,000	-,204 ,318	,386 ,051	,260 ,199
Renk sarılık	-,310 ,123	-,426* ,030	,642** ,000	,613** ,001	,429* ,029	,613** ,001	,832** ,000	1	,982** ,000	-,341 ,088	,616** ,001	,616** ,001	-,345 ,084	-,014 ,945	,340 ,090	,065 ,753
Renk mavilik	-,326 ,104	-,404* ,041	,636** ,000	,610** ,001	,407* ,039	,604** ,001	,820** ,000	,982** ,000	1	-,316 ,115	,608** ,001	,608** ,001	-,341 ,088	-,042 ,838	,328 ,102	,080 ,697
Ransimat	,491* ,011	,359 ,071	-,863** ,000	-,840** ,000	-,795** ,000	-,873** ,000	-,762** ,000	-,341 ,088	-,316 ,115	1	-,869** ,000	-,873** ,000	,668** ,000	,380 ,055	-,228 ,263	-,426* ,030
Toplam polar Madde	-,639** ,000	-,533** ,005	,987** ,000	,972** ,000	,912** ,000	,983** ,000	,938** ,000	,616** ,001	,608** ,001	-,869** ,000	1	,987** ,000	-,800** ,000	-,259 ,201	,327 ,103	,342 ,087
Totox	-,632** ,001	-,492* ,011	,992** ,000	,966** ,000	,916** ,000	,999** ,000	,941** ,000	,616** ,001	,608** ,001	-,873** ,000	,987** ,000	1	-,770** ,000	-,290 ,150	,318 ,113	,339 ,091
DPPH	,745** ,000	,696** ,000	-,745** ,000	-,849** ,000	-,863** ,000	-,753** ,000	-,661** ,000	-,345 ,084	-,341 ,088	,668** ,000	-,800** ,000	-,770** ,000	1	-,026 ,901	-,105 ,611	-,167 ,414
∑ Doymuş yağ asidi	-,159 ,439	-,085 ,681	-,276 ,173	-,221 ,277	-,200 ,327	-,300 ,137	-,204 ,318	-,014 ,945	-,042 ,838	,380 ,055	-,259 ,201	-,290 ,150	-,026 ,901	1	-,274 ,176	-,901** ,000
∑ Tekli doymamış yağ asidi	-,236 ,245	,069 ,736	,348 ,081	,211 ,301	,193 ,345	,334 ,096	,386 ,051	,340 ,090	,328 ,102	-,228 ,263	,327 ,103	,318 ,113	-,105 ,611	-,274 ,176	1	,187 ,359
∑ Çoklu doymamış yağ asidi	,106 ,607	-,127 ,535	,328 ,102	,321 ,110	,299 ,138	,339 ,090	,260 ,199	,065 ,753	,080 ,697	-,426* ,030	,342 ,087	,339 ,091	-,167 ,414	-,901** ,000	,187 ,359	1

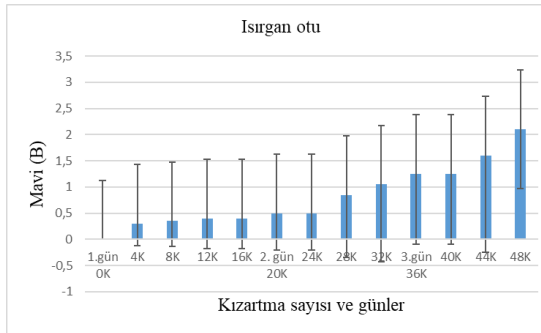
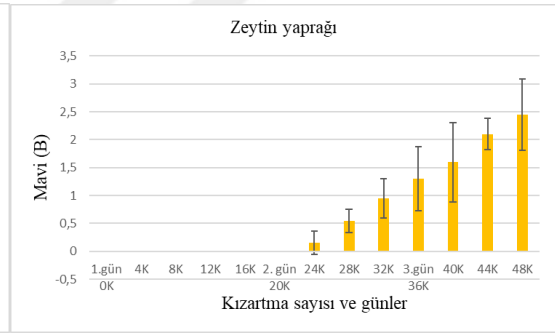
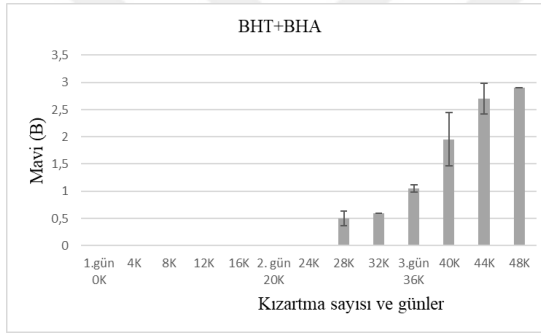
EK B. Hata Çubukları

EK B.1.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının renk değerlerinin hata çubukları grafikleri a) Kırmızı (R) b) Sarı (Y) c) Mavi (B) renk değerleri

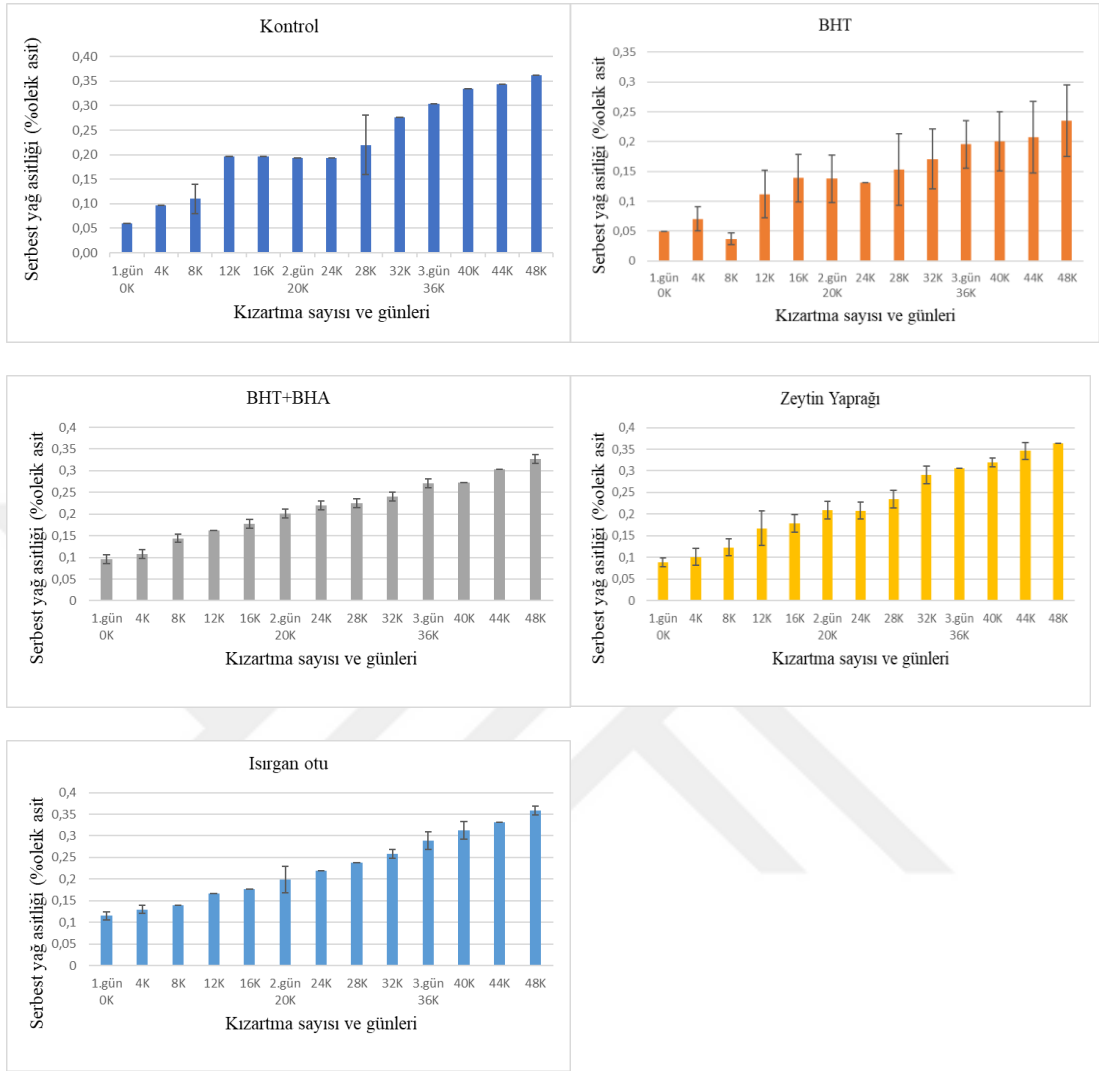




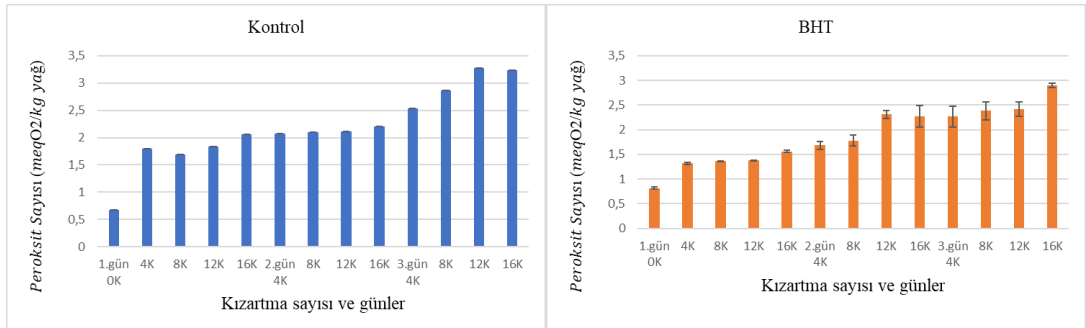
c)

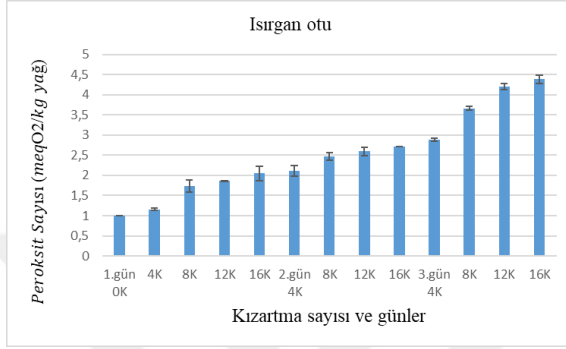
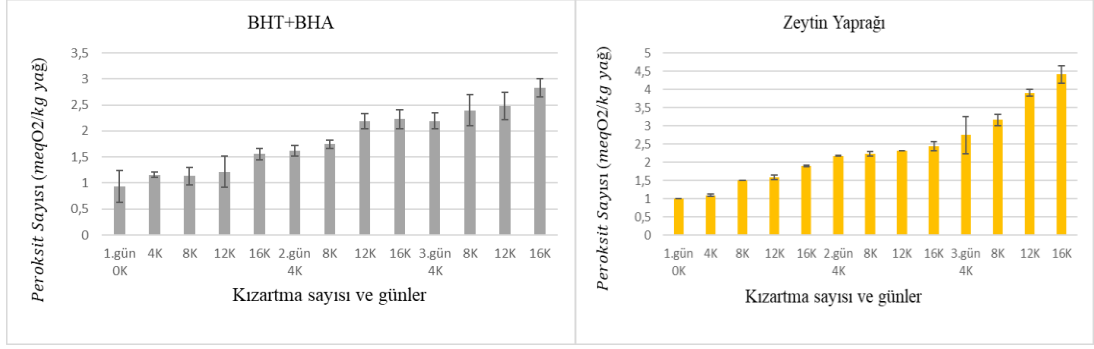


EK B.2.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının serbest yağ asitliği değerlerinin hata çubukları

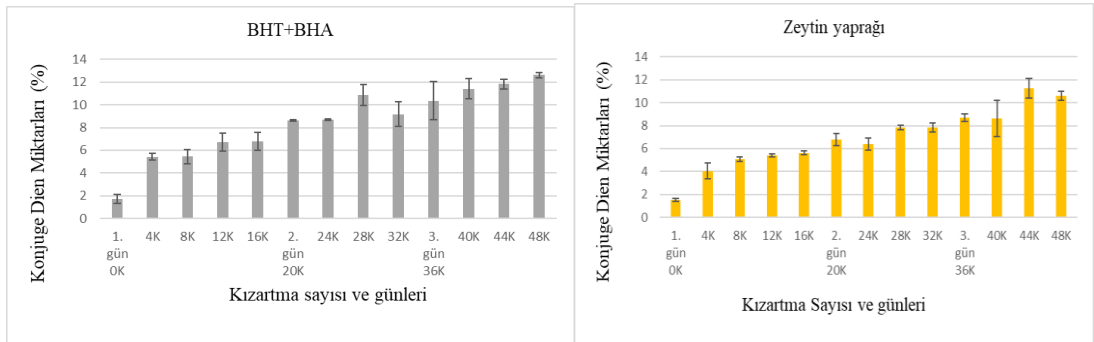
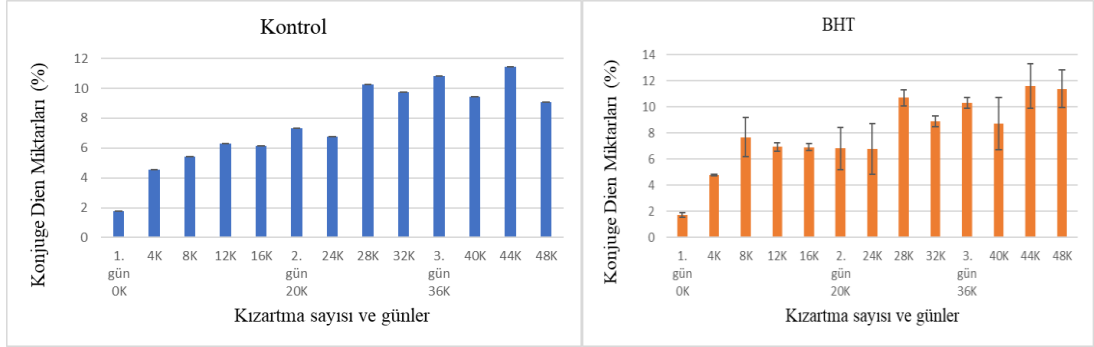


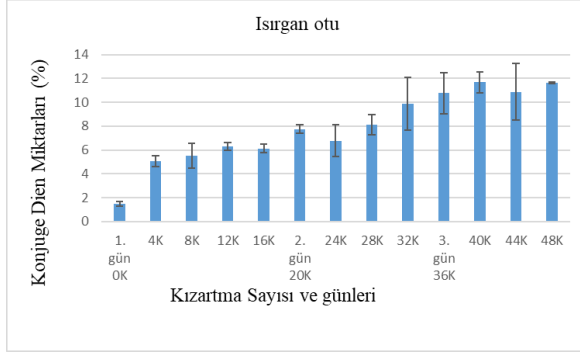
EK B.3.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının peroksit değerlerinin hata çubukları



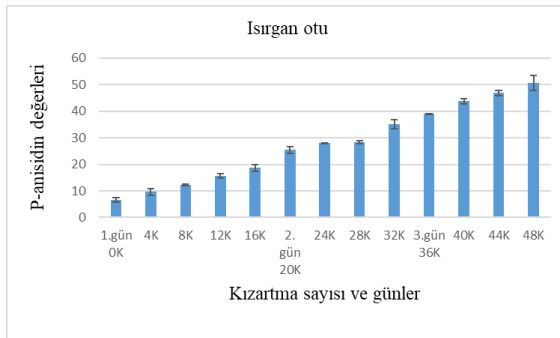
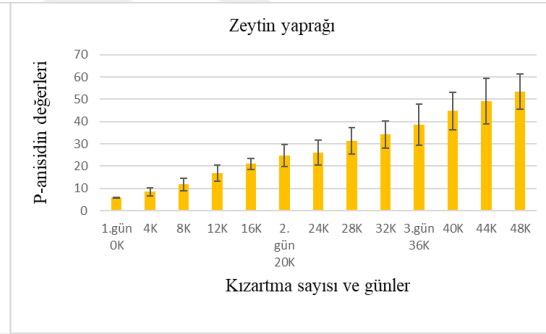
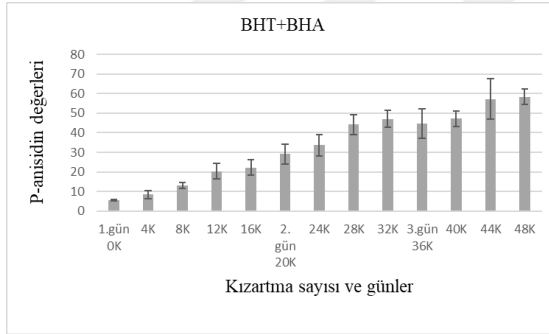
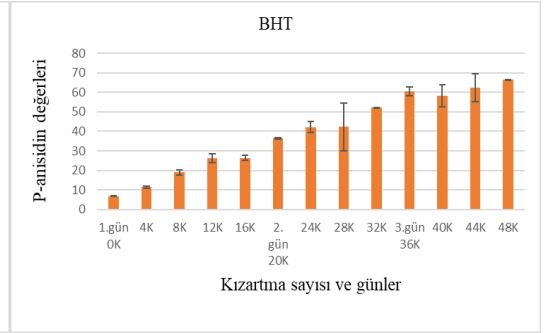
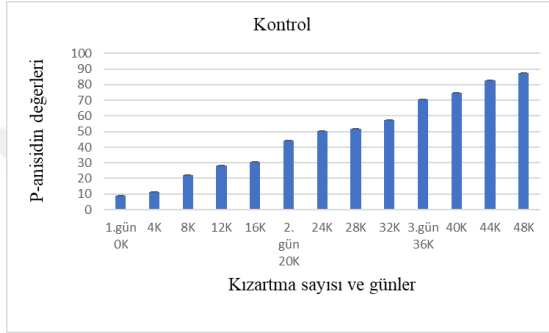


EK B.4.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısrırgan otu gruplarının konjuge dien değerlerinin hata çubukları

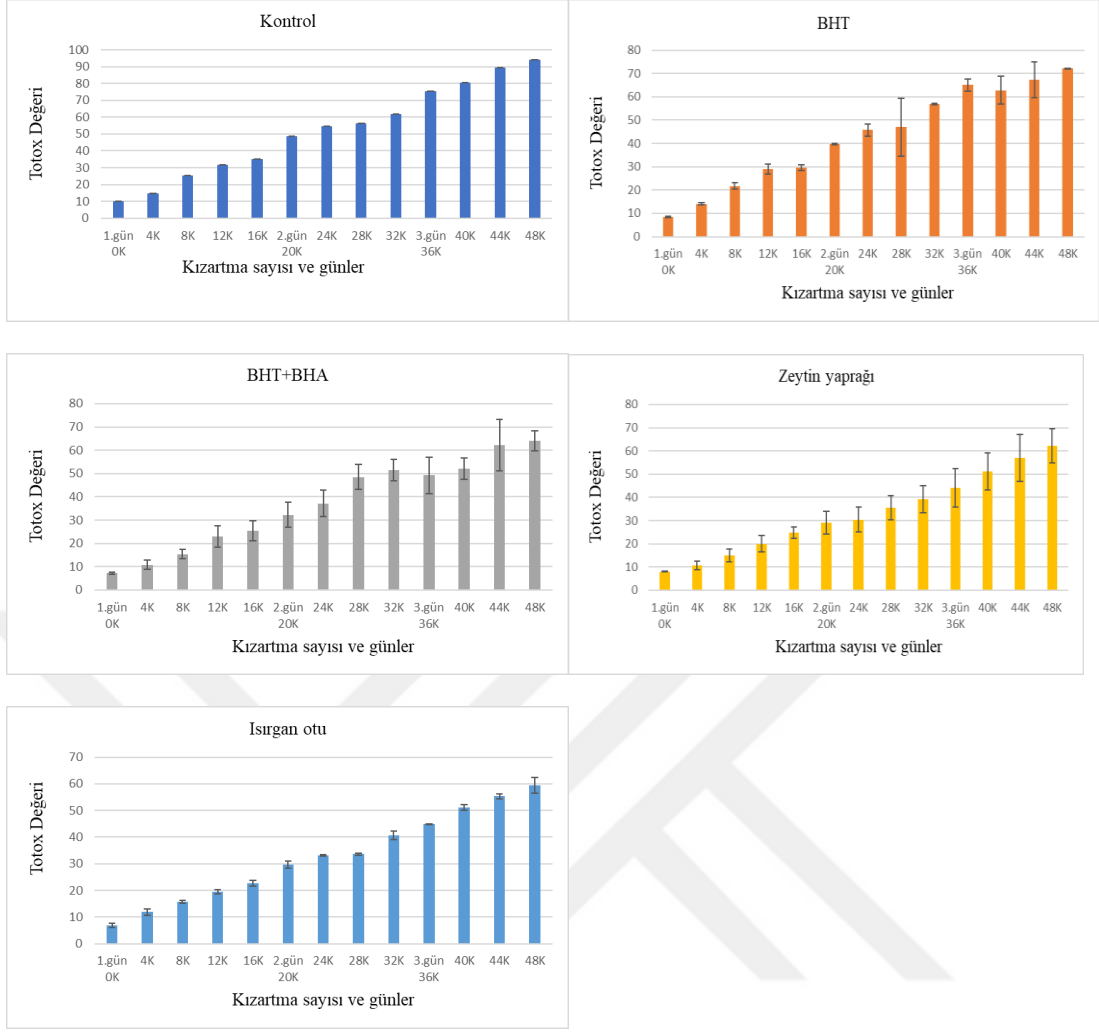




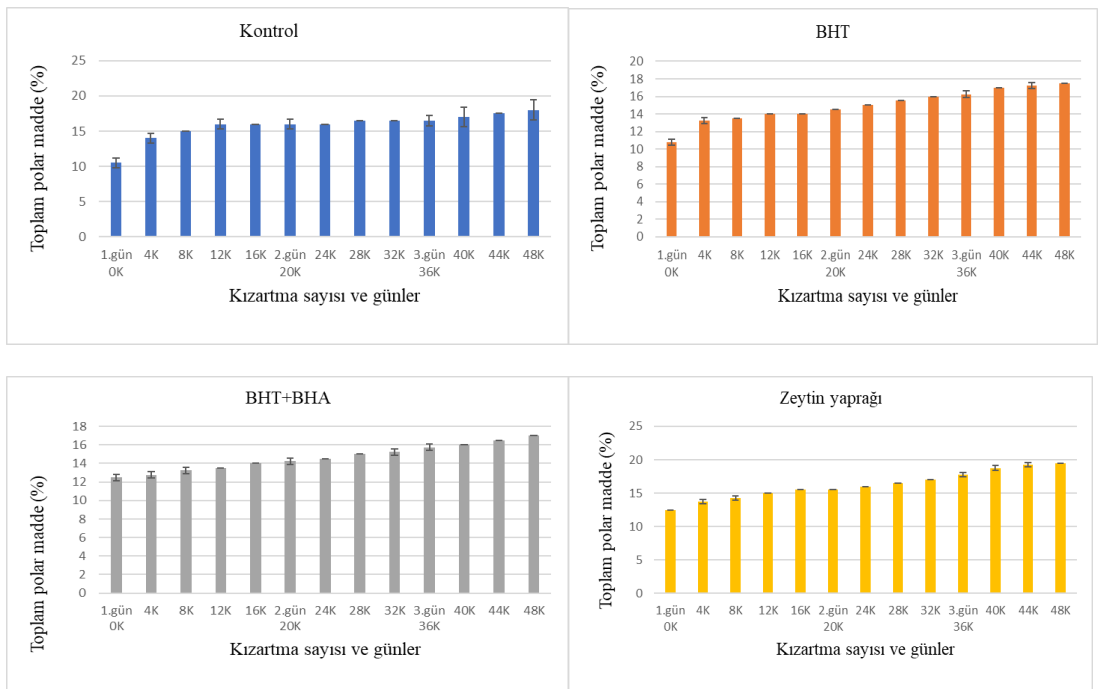
EK B.5.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının *p*-anisidin değerlerinin hata çubukları

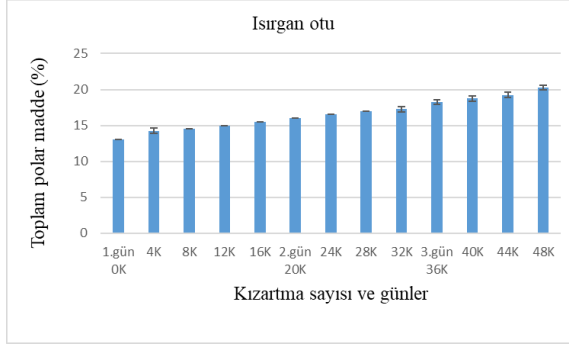


EK B.6.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının Totox değerlerinin hata çubukları

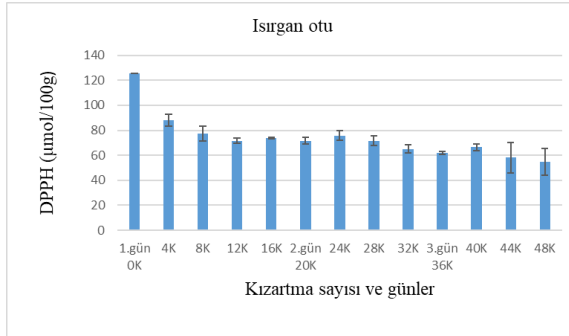
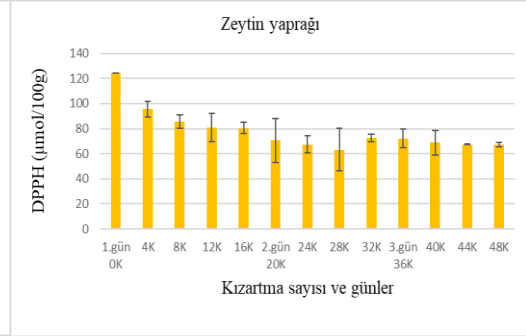
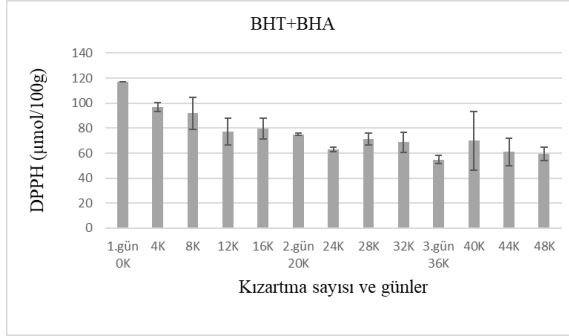
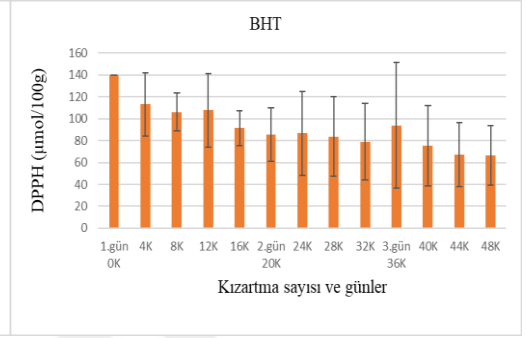
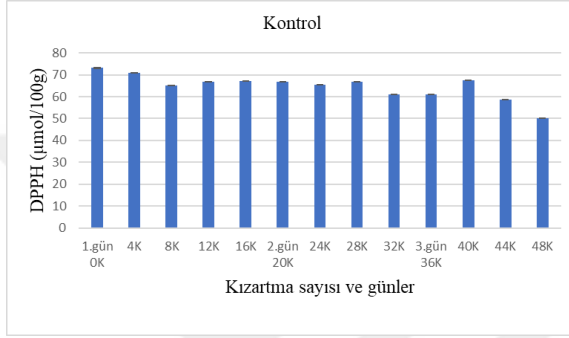


EK B.7.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının Toplam polar madde değerlerinin hata çubukları

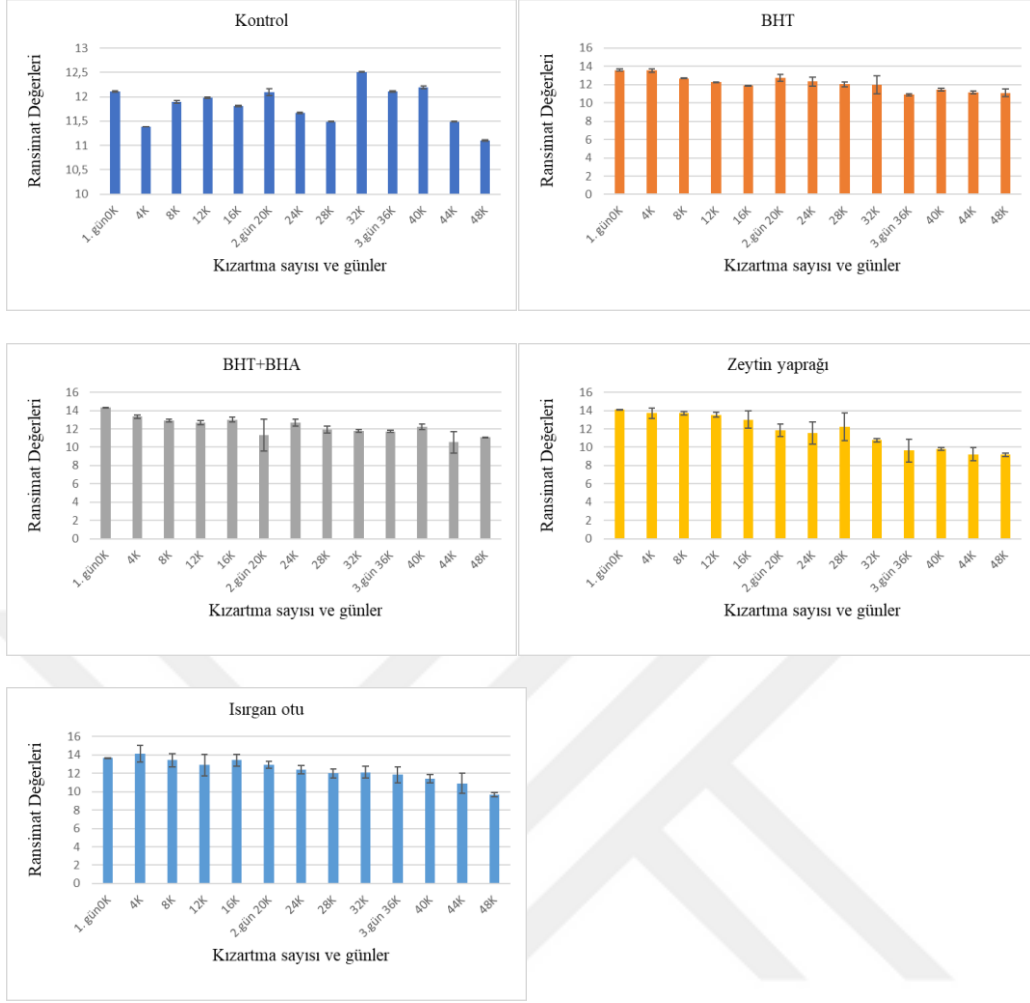




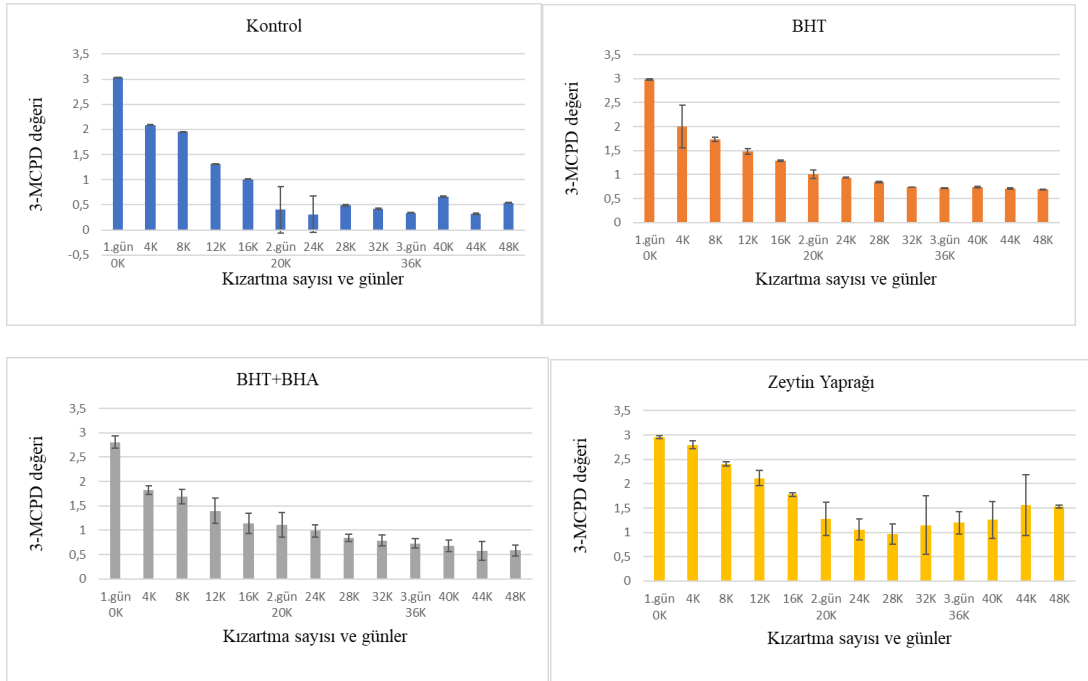
EK B.8.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının DPPH antioksidan aktivite değerlerinin hata çubukları

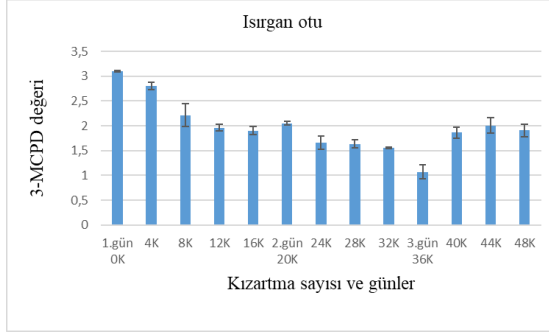


EK B.9.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının ransimat değerlerinin hata çubukları

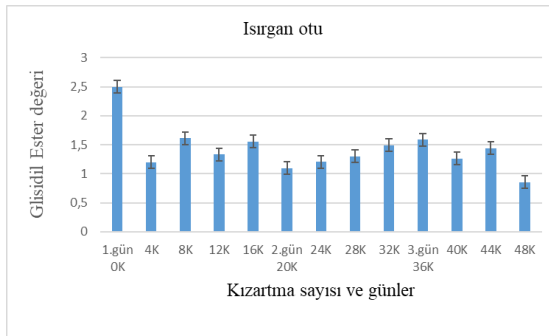
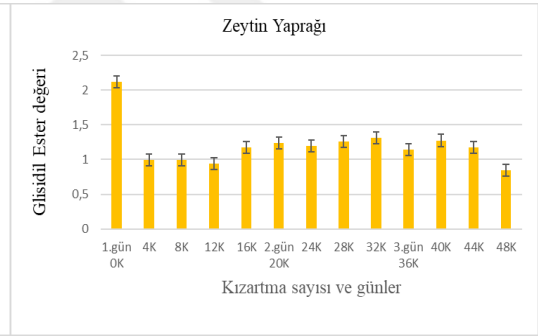
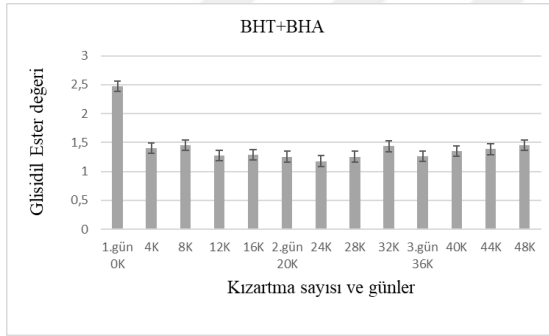
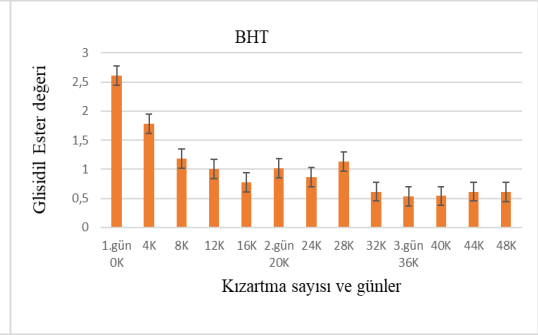
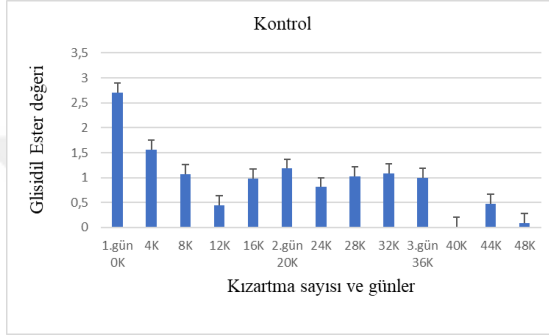


EK B.10.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının 3-MCPD değerlerinin hata çubukları





EK B.11.Kontrol, BHT, BHT+BHA, Zeytin yaprağı ve ısırgan otu gruplarının GE değerlerinin hata çubukları



Veri D.1. Renk Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Renk(R)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1365,829 ^a	64	21,341	46,363	,000
Intercept	6062,991	1	6062,991	13171,605	,000
antioksidancesidi	85,533	4	21,383	46,454	,000
islem	1191,989	12	99,332	215,796	,000
antioksidancesidi * islem	88,307	48	1,840	3,997	,000
Error	29,920	65	,460		
Total	7458,740	130			
Corrected Total	1395,749	129			

a. R Squared = ,979 (Adjusted R Squared = ,957)

Renk(R)

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset			
		1	2	3	4
ısırgan	26	5,503846			
bht	26		6,688462		
bht+bha	26		6,700000		
zeytin	26			7,292308	
kontrol	26				7,961538
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,460.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

Renk(R)

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1G0K	10	3,150000							
1G4K	10	3,450000	3,450000						
1G8K	10	3,750000	3,750000						
1G12K	10	4,180000	4,180000						
1G16K	10		4,410000						
2G4K	10			5,560000					
2G8K	10			6,280000	6,280000				
2G12K	10				7,000000	7,000000			
2G16K	10					7,810000			
3G4K	10						9,230000		
3G8K	10						10,190000		
3G12K	10							11,250000	
3G16K	10								12,520000
Sig.		,056	,101	,475	,475	,293	,101	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,460.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Renk(Y)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11876,557 ^a	64	185,571	48,751	,000
Intercept	551188,708	1	551188,708	144800,509	,000
antioksidancesidi	1286,596	4	321,649	84,499	,000
islem	8236,379	12	686,365	180,312	,000
antioksidancesidi * islem	2353,582	48	49,033	12,881	,000
Error	247,425	65	3,807		
Total	563312,690	130			
Corrected Total	12123,982	129			

a. R Squared = ,980 (Adjusted R Squared = ,959)

Renk(Y)

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset		
		1	2	3
bht	26	62,303846		
bht+bha	26	62,661538		
kontrol	26	63,530769		
zeytin	26		66,346154	
ısrırgan	26			70,730769
Sig.		,169	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3,807.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

RenkY

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
1G0K	10	47,410000					
1G4K	10		53,960000				
1G8K	10		56,070000				
1G12K	10			60,390000			
1G16K	10			62,300000			
2G4K	10				67,980000		
2G8K	10				69,560000	69,560000	
2G12K	10				70,540000	70,540000	70,540000
2G16K	10				70,790000	70,790000	70,790000
3G4K	10					70,990000	70,990000
3G8K	10					71,740000	71,740000
3G12K	10					72,150000	72,150000
3G16K	10						72,610000
Sig.		1,000	,445	,602	,088	,159	,476

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3,807.

RenkB)

Tukey HSD^{a,b}

İslem	N	Subset				
		1	2	3	4	5
1G0K	10	,000000				
1G4K	10	,060000				
1G8K	10	,070000				
1G16K	10	,100000	,100000			
2G4K	10	,100000	,100000			
1G12K	10	,140000	,140000			
2G8K	10	,170000	,170000			
2G12K	10	,440000	,440000			
2G16K	10	,620000	,620000			
3G4K	10		,890000	,890000		
3G8K	10			1,690000	1,690000	
3G12K	10				2,290000	2,290000
3G16K	10					2,610000
Sig.		,329	,069	,062	,380	,979

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,284.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.
- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.
- b. Alpha = ,05.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Renk(B)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	109,445 ^a	64	1,710	6,031	,000
Intercept	64,825	1	64,825	228,628	,000
antioksidancesidi	,819	4	,205	,722	,580
islem	98,769	12	8,231	29,029	,000
antioksidancesidi * islem	9,857	48	,205	,724	,879
Error	18,430	65	,284		
Total	192,700	130			
Corrected Total	127,875	129			

a. R Squared = ,856 (Adjusted R Squared = ,714)

Renk(B)

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset
		1
kontrol	26	,569231
zeytin	26	,700000
bht	26	,703846
bht+bha	26	,746154
isirgan	26	,811538
Sig.		,477

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,284.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

- b. Alpha = ,05.

Veri D.2. Serbest Asitlik Değeri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: sya

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,924 ^a	64	,014	25,711	,000
Intercept	5,499	1	5,499	9790,869	,000
antioksidancesidi	,126	4	,032	56,235	,000
islem	,762	12	,063	113,009	,000
antioksidancesidi * islem	,036	48	,001	1,343	,133
Error	,037	65	,001		
Total	6,460	130			
Corrected Total	,961	129			

a. R Squared = ,962 (Adjusted R Squared = ,925)

sya

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset	
		1	2
bht	26	,144192	
bht+bha	26		,211377
kontrol	26		,221692
ısrıgan	26		,225542
zeytin	26		,225558
Sig.		1,000	,209

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

sy

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1G0K	10	,080540							
1G4K	10	,101250	,101250						
1G8K	10		,118100						
1G12K	10			,160700					
1G16K	10			,173850					
2G4K	10			,187700	,187700				
2G8K	10			,194200	,194200				
2G12K	10				,214050	,214050			
2G16K	10					,247300	,247300		
3G4K	10						,272700	,272700	
3G8K	10							,287900	
3G12K	10							,305950	,305950
3G16K	10								,329500
Sig.		,757	,927	,102	,401	,108	,459	,108	,579

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,001.

Veri D.3. Peroksit Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: peroksit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	95,473 ^a	64	1,492	89,746	,000
Intercept	594,043	1	594,043	35738,064	,000
antioksidancesidi	8,120	4	2,030	122,132	,000
islem	76,981	12	6,415	385,938	,000
antioksidancesidi * islem	10,371	48	,216	12,999	,000
Error	1,080	65	,017		
Total	690,596	130			
Corrected Total	96,554	129			

a. R Squared = ,989 (Adjusted R Squared = ,978)

peroksid

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset			
		1	2	3	4
bht+bha	26	1,821092			
bht	26	1,879777			
kontrol	26		2,189385		
zeytin	26			2,3427 69	
ısrıgan	26				2,455242
Sig.		,477	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = ,017.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.
- b. Alpha = ,05.

Peroksid

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1G0K	10	,7023 00									
1G4K	10		1,3041 80								
1G8K	10		1,4840 70	1,4840 70							
1G12K	10			1,5744 80							
1G16K	10				1,8247 40						
2G4K	10				1,9320 30	1,9320 30					
2G8K	10					2,0639 70					
2G12K	10						2,3059 10				
2G16K	10						2,3733 70	2,3733 70			
3G4K	10							2,5231 90			
3G8K	10								2,8948 50		
3G12K	10									3,2545 60	
3G16K	10										3,5518 40
Sig.		1,000	,113	,933	,811	,533	,993	,332	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = ,017.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.
- b. Alpha = ,05.

Veri D.4. Konjuge Dien Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: konjuge

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1036,478 ^a	64	16,195	21,163	,000
Intercept	7804,644	1	7804,644	10198,638	,000
antioksidancesidi	33,072	4	8,268	10,804	,000
islem	947,982	12	78,998	103,230	,000
antioksidancesidi * islem	55,425	48	1,155	1,509	,061
Error	49,742	65	,765		
Total	8890,864	130			
Corrected Total	1086,220	129			

a. R Squared = ,954 (Adjusted R Squared = ,909)

Konjuge

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset		
		1	2	3
zeytin	26	6,890508		
kontrol	26		7,619585	
ısrırgan	26		7,841338	7,841338
bht	26		7,958388	7,958388
bht+bha	26			8,431542
Sig.		1,000	,632	,120

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,765.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

Konjuge

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
1G0K	10	1,637160						
1G4K	10		4,781470					
1G8K	10		5,826370	5,826370				
1G12K	10			6,314730	6,314730			
1G16K	10			6,315600	6,315600			
2G8K	10			7,099360	7,099360			
2G4K	10				7,464700			
2G16K	10					9,103650		

2G12K	10					9,555190		
3G8K	10					9,975230	9,975230	
3G4K	10					10,192900	10,192900	10,192900
3G16K	10						11,061560	11,061560
3G12K	10							11,399620
Sig.		1,000	,292	,081	,170	,235	,238	,122

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,765.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Veri D.5. P-Anisidin Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: panisidin

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	52565,546 ^a	64	821,337	48,786	,000
Intercept	161287,568	1	161287,568	9580,205	,000
antioksidancesidi	7337,621	4	1834,405	108,961	,000
islem	42593,909	12	3549,492	210,834	,000
antioksidancesidi * islem	2634,016	48	54,875	3,260	,000
Error	1094,308	65	16,836		
Total	214947,422	130			
Corrected Total	53659,854	129			

a. R Squared = ,980 (Adjusted R Squared = ,960)

panisidin

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset			
		1	2	3	4
isirgan	26	27,742165			
zeytin	26	28,211692			
bht+bha	26		33,157281		
bht	26			39,275723	
kontrol	26				47,729123
Sig.		,994	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16,836.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1G0	1	6,741										
K	0	750										
1G4	1	9,824	9,8245									
K	0	560	60									
1G8	1		15,659	15,659								
K	0		240	240								
1G1	1			21,462	21,462							
2K	0			560	560							
1G1	1				23,839							
6K	0				850							
2G4	1					32,003						
K	0					020						
2G8	1					36,042	36,042					
K	0					340	340					
2G1	1						39,646	39,646				
2K	0						630	630				
2G1	1							45,219	45,219			
6K	0							270	270			
3G4	1								50,722	50,722		
K	0								410	410		
3G8	1									53,714	53,714	
K	0									960	960	
3G1	1										59,713	59,713
2K	0										850	850
3G1	1											63,311
6K	0											120
Sig.		,895	,097	,102	,984	,594	,751	,137	,149	,913	,078	,754

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16,836.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Veri D.6. Totox Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: totox

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	59387,085 ^a	64	927,923	54,881	,000
Intercept	202737,877	1	202737,877	11990,755	,000
antioksidancesidi	7012,966	4	1753,241	103,694	,000
islem	49968,137	12	4164,011	246,277	,000
antioksidancesidi * islem	2405,983	48	50,125	2,965	,000
Error	1099,010	65	16,908		
Total	263223,972	130			
Corrected Total	60486,096	129			

a. R Squared = ,982 (Adjusted R Squared = ,964)

antioksidancesidi	N	Subset			
		1	2	3	4
isirgan	26	32,652823			
zeytin	26	32,858769			
bht+bha	26		36,7995 42		
bht	26			43,035277	
kontrol	26				52,107515
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16,908.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

Totox

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1G0	1	8,14635											
K	0	0											
1G4	1	12,4329	12,4329										
K	0	20	20										
1G8	1		18,6273	18,6273									
K	0		80	80									
1G1	1			24,6117	24,6117								
2K	0			40	40								
1G1	1				27,4893								
6K	0				30								
2G4	1					35,8670							
K	0					80							
2G8	1						40,1702						
K	0						80						
2G1	1							44,1584	44,1584				
2K	0							50	50				
2G1	1								49,9660	49,9660			
6K	0								10	10			
3G4	1									55,7687	55,7687		
K	0									90	90		
3G8	1										59,5046		
K	0										60		
3G1	1											66,2229	
2K	0											70	
3G1	1												70,4142
6K	0												50
Sig.		,504	,060	,081	,934	,498	,616	,103	,103	,709	,540		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16,908.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Veri D.7. Toplam Polar Madde Miktarı SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: toplampolar

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	534,531 ^a	64	8,352	59,494	,000
Intercept	31746,094	1	31746,094	226136,562	,000
antioksidancesidi	76,723	4	19,181	136,630	,000
islem	433,681	12	36,140	257,436	,000
antioksidancesidi * islem	24,127	48	,503	3,580	,000
Error	9,125	65	,140		
Total	32289,750	130			
Corrected Total	543,656	129			

a. R Squared = ,983 (Adjusted R Squared = ,967)

toplampolar

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset				
		1	2	3	4	5
bht+bha	26	14,538462				
bht	26		14,961538			
kontrol	26			15,807692		
zeytin	26				16,250000	
isirgan	26					16,576923
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,140.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1G0K	10	11,6000								
1G4K	10		13,6000							
1G8K	10		14,1000							
1G12K	10			14,7000						
1G16K	10			15,0000						
2G4K	10			15,2500	15,2500					
2G8K	10				15,6000	15,6000				
2G12K	10					16,1000	16,1000			
2G16K	10						16,4000	16,4000		
3G4K	10							16,9000		

3G8K	1									17,5000	
	0									00	
3G12	1									17,9500	17,9500
K	0									00	00
3G16	1										18,4500
K	0										00
Sig.		1,000	,154	,075	,671	,154	,847	,154	,284	,154	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,140.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Veri D.8. DPPH Antioksidan Aktivite Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçlar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: dpph

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	42448,705 ^a	64	663,261	2,707	,000
Intercept	769522,258	1	769522,258	3140,511	,000
antioksidancesidi	10160,283	4	2540,071	10,366	,000
islem	26229,374	12	2185,781	8,920	,000
antioksidancesidi * islem	6059,048	48	126,230	,515	,991
Error	15927,009	65	245,031		
Total	827897,972	130			
Corrected Total	58375,714	129			

a. R Squared = ,727 (Adjusted R Squared = ,459)

Dpph

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset		
		1	2	3
kontrol	26	64,659838		
isirgan	26	73,960931	73,960931	
bht+bha	26	75,810885	75,810885	
zeytin	26		78,209788	
bht	26			92,046808
Sig.		,088	,864	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 245,031.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

dpphTukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset			
		1	2	3	4
3G16K	10	59,640380			
3G12K	10	62,475560	62,475560		
3G4K	10	68,728600	68,728600		
2G16K	10	69,289550	69,289550	69,289550	
3G8K	10	69,548780	69,548780	69,548780	
2G12K	10	71,312810	71,312810	71,312810	
2G8K	10	71,731400	71,731400	71,731400	
2G4K	10	73,984060	73,984060	73,984060	
1G16K	10	78,504990	78,504990	78,504990	
1G12K	10	80,919060	80,919060	80,919060	
1G8K	10		85,178580	85,178580	
1G4K	10			92,864100	92,864100
1G0K	10				116,011580
Sig.		,136	,083	,060	,071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 245,031.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Veri D.9. Ransimat Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: ransimat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	173,695 ^a	64	2,714	8,817	,000
Intercept	18926,004	1	18926,004	61485,225	,000
antioksidancesidi	8,175	4	2,044	6,639	,000
islem	109,052	12	9,088	29,523	,000
antioksidancesidi * islem	56,468	48	1,176	3,822	,000
Error	20,008	65	,308		
Total	19119,707	130			
Corrected Total	193,703	129			

a. R Squared = ,897 (Adjusted R Squared = ,795)

ransimatTukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset	
		1	2
zeytin	26	11,720385	
kontrol	26	11,833846	
phht	26	12,129615	12,129615

bht+bha	26		12,271538
isirgan	26		12,373846
Sig.		,071	,511

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,308.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

rancimat

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
3G16	1	10,4150								
K	0	00								
3G12	1	10,6700	10,6700							
K	0	00	00							
3G4K	1	11,2380	11,2380	11,2380						
K	0	00	00	00						
3G8K	1		11,4160	11,4160	11,4160					
K	0		00	00	00					
2G16	1			11,8250	11,8250	11,8250				
K	0			00	00	00				
2G12	1			11,9350	11,9350	11,9350	11,9350			
K	0			00	00	00	00			
2G8K	1				12,1270	12,1270	12,1270	12,1270		
K	0				00	00	00	00		
2G4K	1				12,2020	12,2020	12,2020	12,2020		
K	0				00	00	00	00		
1G16	1					12,6300	12,6300	12,6300	12,6300	
K	0					00	00	00	00	
1G12	1						12,6830	12,6830	12,6830	
K	0						00	00	00	
1G8K	1							12,9270	12,9270	12,9270
K	0							00	00	00
1G4K	1								13,2240	13,2240
K	0								00	00
1G0K	1									13,5640
K	0									00
Sig.		,069	,146	,223	,100	,083	,144	,087	,461	,351

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,308.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Veri D.10. 3-MCPD Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mcpd

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	73,709 ^a	64	1,152	33,082	,000
Intercept	258,509	1	258,509	7425,375	,000
antioksidancesidi	17,619	4	4,405	126,520	,000
islem	50,954	12	4,246	121,966	,000
antioksidancesidi * islem	5,137	48	,107	3,074	,000
Error	2,263	65	,035		
Total	334,482	130			
Corrected Total	75,972	129			

a. R Squared = ,970 (Adjusted R Squared = ,941)

3-mcpd

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset			
		1	2	3	4
kontrol	26	,990346			
bht+bha	26		1,164615		
bht	26		1,220769		
zeytin	26			1,696154	
isirgan	26				1,978885
Sig.		1,000	,814	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,035.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

3-mcpd

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
3G4K	10	,812000						
2G16K	10	,929000	,929000					
2G12K	10	,953000	,953000					
2G8K	10	,990500	,990500					
3G12K	10	1,034000	1,034000					
3G8K	10	1,041000	1,041000					
3G16K	10	1,050000	1,050000					
2G4K	10		1,169400	1,169400				
1G16K	10			1,422000	1,422000			
1G12K	10				1,653100			
1G8K	10					1,998000		
1G4K	10						2,304000	
1G0K	10							2,976000
Sig.		,205	,193	,140	,242	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,035.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.

Veri D.11. GE Değerleri SPSS Varyans Analizi Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Glisidil ester

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	33,025 ^a	64	,516	8,241	,000
Intercept	188,715	1	188,715	3013,988	,000
antioksidancesidi	4,875	4	1,219	19,467	,000
islem	20,632	12	1,719	27,460	,000
antioksidancesidi * islem	7,518	48	,157	2,501	,000
Error	4,070	65	,063		
Total	225,810	130			
Corrected Total	37,095	129			

a. R Squared = ,890 (Adjusted R Squared = ,782)

Glisidil ester

Tukey HSD^{a,b}

antioksidancesidi	N	Subset		
		1	2	3
kontrol	26	,956923		
bht	26	1,021923	1,021923	
zeytin	26		1,205385	
ısrırgan	26			1,418077
bht+bha	26			1,421923
Sig.		,882	,074	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,063.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26,000.

b. Alpha = ,05.

Glisidil ester

Tukey HSD^{a,b}

islem	N	Subset			
		1	2	3	4
3G16K	10	,771000			
3G8K	10	,891000	,891000		
1G12K	10	1,000000	1,000000		
3G12K	10	1,019000	1,019000	1,019000	
2G8K	10	1,051000	1,051000	1,051000	
3G4K	10	1,103000	1,103000	1,103000	
1G16K	10	1,155000	1,155000	1,155000	
2G4K	10		1,158000	1,158000	
2G16K	10		1,189000	1,189000	
2G12K	10		1,194000	1,194000	
1G8K	10		1,264000	1,264000	
1G4K	10			1,389000	
1G0K	10				2,479000
Sig.		,051	,066	,071	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,063.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = ,05.