



**BİTKİ EKSTRAKTLARININ KIZARTMA
YAĞLARINDA KULLANABİLME İMKANLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Mevra AVCİ

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
2022**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**BİTKİ EKSTRAKTLARININ KIZARTMA YAĞLARINDA KULLANABİLME
İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

(Investigation of the Usage Possibilities of Plant Extracts in Frying Oils)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mevra AVCİ

Danışman: Dr. Öğr.Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ

Erzurum
Eylül, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Mevra AVCİ tarafından hazırlanan “Bitki ekstraktlarının kızartma yağlarında kullanabilme imkanlarının araştırılması” başlıklı çalışması 13 / 09 / 2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof.Dr.Mükerrem KAYA <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır.
Danışman:	Dr.ÖĐ.Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır.
Jüri Üyesi:	Dr.ÖĐ.Üyesi Fatma Yağmur HAZAR <i>Kastamonu Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr.Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek lisans Tezi olarak Dr.Öğr.Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ danışmanlığında sunulan “Bitki Ekstraktlarının Kızartma Yağlarında Kullanabilme İmkanlarının Araştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	12	30
Kuramsal Temeller	14	30
Materyal ve Yöntem	9	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	13	20
Tezin Geneli	13	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Mevra AVCİ	Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
Tarih girmek için burayı tıklayınız	Tarih girmek için burayı tıklayınız
İmza: Aslı Islak İmzalıdır.	İmza: Aslı Islak İmzalıdır.

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın yürütülmesi için desteği, bilgi ve birikimleriyle her zaman yanımda olan sevgili danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ'a minnettar olduğumu ve en içten teşekkürü borç bilirim.

Çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan sayın hocalarım Prof.Dr.Mükerrem KAYA, Prof.Dr.Güzin KABAN ve Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarında yardım ve desteklerini esirgemeyen Yüksek Lisans Öğrencileri Şeyda KONDEL, Ceren SÖĞÜT ve Doktora öğrencisi Mine KIRKYOL'a teşekkür ederim.

En başta eğitimim için beni her zaman destekleyen anneme ve babama, kardeşime ve nişanlım Erhan BAYRAK'a teşekkür ederim.

Mevra AVCİ



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİ EKSTAKTLARININ KIZARTMA YAĞLARINDA KULLANABİLME İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

Mevra AVCİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ

Amaç: Ayçiçek yağı ile derin yağda gerçekleştirilen tekrarlı kızartma işleminde nar kabuğu ekstraktı (NE), adaçayı ekstraktı (AE) ve BHT kullanımının yağ kalitesine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Nar kabuğu ekstraktı (1000 ppm), Adaçayı ekstraktı (1000 ppm) , BHT (200 ppm) eklenen ayçiçek yağlarında 12 kez tekrarlı patates kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kızartma yağları, konjuge dien (K₂₃₂) ve trien (K₂₇₀), serbest yağ asidi, peroksit sayısı, toplam fenolik madde ve yağ asidi kompozisyonu açısından incelenmiştir.

Bulgular: Konjuge dienlerin miktarı kontrol grubunda en yüksek seviyede belirlenirken antioksidan ekstraktı katkılı gruplarda oksidasyon seviyesinin düşüşüne bağlı olarak konjuge dien değerleri düşmüştür. BHT içeren kızartma yağı grubunda ortalama K₂₇₀ değeri 1,77 ile en düşük seviyede belirlenmiştir. En düşük ortalama serbest yağ asidi değeri 0,18 ile BHT ve nar kabuğu ekstraktı gruplarında belirlenirken, en yüksek ortalama değer ise 0,23 ile kontrol grubunda belirlenmiştir. Peroksit sayısı açısından BHT içeren grup en düşük ortalama değeri vermiştir. Toplam fenolik madde içeriği en yüksek 105,62 mg GAE/kg ile adaçayı ekstraktı grubunda belirlenmiştir. Tekrar sayısı arttıkça örneklerin konjuge dien ve trien değerleri, serbest yağ asidi içeriği, peroksit sayısı, palmitik, stearik ve oleik miktarında artış, örneklerin toplam fenol içeriği ve linoleik asitte ise düşüş meydana gelmiştir.

Sonuç: Antioksidan kullanımının konjuge dien ve trien değerlerini kontrole göre azalttığı, serbest yağ asidi miktarı ve peroksit sayısında önemli değişimlere neden olduğu, toplam fenolik madde miktarının nar kabuğu ve adaçayı ekstraktı içeren gruplarda daha yüksek olarak belirlendiği, yağ asidi kompozisyonu açısından da BHT'ye benzer ve daha iyi sonuçlar verdiği ve bu antioksidanların kızartmada doğal antioksidan olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nar kabuğu, Adaçayı , tekrarlı kızartma, antioksidan, BHT

Eylül 2022, 71 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF THE USAGE POSSIBILITIES OF PLANT EXTRACTS IN FRYING OILS

Mevra AVCİ

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ

Purpose: It was aimed to determine the effects of using pomegranate peel extract (NE), sage extract (AE) and BHT on oil quality in repeated frying in deep oil with sunflower oil.

Method: Repeated French frying process was performed 12 times in sunflower oils with different concentrations of pomegranate peel extract (1000 ppm), sage extract (1000 ppm), BHT (200 ppm). The frying oils were analyzed for conjugated diene (K_{232}) and triene (K_{270}), free fatty acid, peroxide number, total phenolic substance and fatty acid composition.

Findings: While the amount of conjugated dienes was determined at the highest level in the control group, the conjugated diene values decreased in the antioxidant extract added groups due to the decrease in the oxidation level. In the frying oil group containing BHT, the mean K value was determined to be the lowest with, 77. The lowest mean free fatty acid value was determined as 0,18 in the BHT and pomegranate peel extract groups, while the highest mean value was found in the control group with 0,23. In terms of peroxide number, the group containing BHT gave the lowest average value. The highest total phenolic content was determined in the sage extract group with 105,62 mg GAE/kg. As the number of repeats increased, the conjugated diene and triene values, free fatty acid content, peroxide number, palmitic, stearic and oleic content of the samples increased, while the total phenol content of the samples and linoleic acid decreased.

Results: The use of antioxidants decreased the conjugated diene and triene values compared to the control, caused significant changes in the amount of free fatty acids and peroxide numbers, the total amount of phenolic substances was determined to be higher in the groups containing pomegranate peel and sage extract gave similar and better results than BHT in terms of fatty acid composition and it has been concluded that it gives good results and that these antioxidants can be used as natural antioxidants in frying.

Keywords: Pomegranate peel, sage, repeated frying, antioxidant, BHT

September 2022, 71 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	1
MATERYAL VE YÖNTEM	9
Materyal	9
Metot	9
Deneme planı	9
Kızartma İşlemi	9
Ekstraktların eldesi.....	11
Yağ analizleri	12
İstatistiki Analizler	13
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	15
DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikali yakalama aktivitesi	15
Özgöl Soğurma Değerleri	15
Serbest yağ asidi miktarı (% Oleik asit).....	21
Peroksit sayısı	24
Toplam fenol miktarı.....	27
Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi.....	30
SONUÇ VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	51

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Deneme Planı.....	10
Tablo 2. DPPH Değerlendirme Sonuçları.....	15
Tablo 3. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{232} Değerleri	16
Tablo 4. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{232} Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	17
Tablo 5. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{232} Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (Ortalama $\pm$ standart sapma)	18
Tablo 6. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{270} Değerleri.....	19
Tablo 7. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{270} Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	20
Tablo 8. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{270} Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)	21
Tablo 9. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Serbest Yağ Asidi Miktarları (% oleik asit)	22
Tablo 10. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Serbest Yağ Asidi Miktarına (% oleik asit) Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	23
Tablo 11. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Serbest Yağ Asidi Miktarına (% oleik asit) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	23
Tablo 12. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Peroksit Sayıları (meq O_2 /kg)	24
Tablo 13. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Peroksit Sayısına (meq O_2 /kg) ait Varyans Analiz Sonuçları	25

Tablo 14. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Peroksit Sayısına (meq O ₂ /kg) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	26
Tablo 15. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Toplam Fenol Miktarları.....	28
Tablo 16. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Toplam Fenol Miktarlarına Ait Varyans Analiz Sonuçları ..	29
Tablo 17. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Toplam Fenol Miktarlarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	30
Tablo 18. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Yağ Asidi Kompozisyonu Sonuçları (%)	30
Tablo 19. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Palmitik Asit Sonuçlarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları	31
Tablo 20. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Palmitik Asit Sonuçlarına (%) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (Ortalama ± Standart Sapma)	32
Tablo 21. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Palmitoleik Asit Miktarına (%) Ait Varyans Analiz Sonuçları	33
Tablo 22. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Stearik Asit Miktarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları	34
Tablo 23. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Stearik Asit Miktarına (%) ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	34
Tablo 24. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Oleik Asit Miktarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları.....	35
Tablo 25. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Oleik Asit Miktarına (%) ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	36
Tablo 26. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Linoleik Asit Miktarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları .	36

Tablo 27. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Linoleik Asit Miktarına (%) ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	37
--	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kızartma prosesinde ısı ve kütle transfer mekanizması.....	2
Şekil 2. Farklı Antioksidan Çeşitleri Kullanılarak Gerçekleştirilen Kızartma İşleminde K_{232} Değerine AC×KS İteraksiyonunun Etkisi.....	18
Şekil 3. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde K_{270} değerine AC×KS interaksiyonunun etkisi.....	21
Şekil 4. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde serbest yağ asidi miktarı AC×KS interaksiyonunun etkisi	24
Şekil 5. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde peroksit sayısına AC×KS interaksiyonunun etkisi.....	27
Şekil 6. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde palmitik asit miktarına (%) AC×KS interaksiyonunun etkisi	33
Şekil 7. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde stearik asit miktarına (%) AC×KS interaksiyonunun etkisi	35
Şekil 8. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde linolenik asit miktarına (%) AC×KS interaksiyonunun etkisi	38

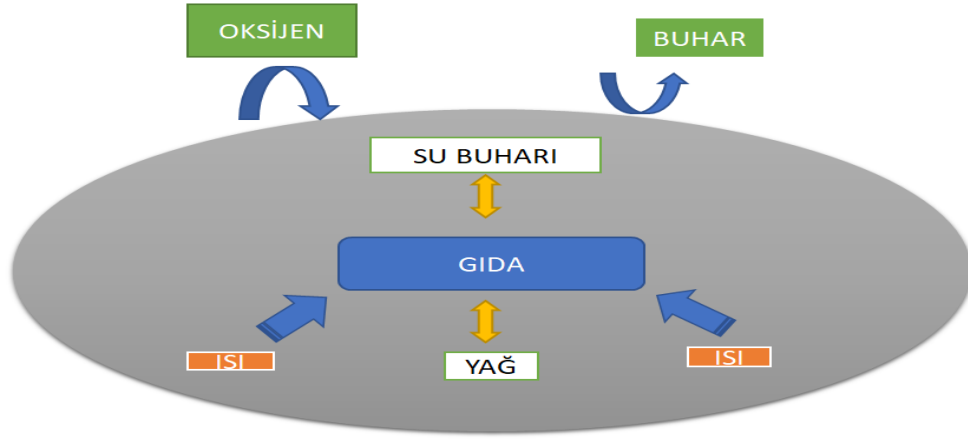
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
dak	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
KPa	Kilopascal
meq	Milieşdeğer
ml	Mililitre
s	Saniye
W	Watt
DPPH	2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl
BHA	Butillenmiş hidroksianisol
BHT	Butillenmiş hidroksitoluen
L	Litre

GİRİŞ

Kızartma prosesi gıdaların tat ve tüketim kalitesini artırmak amacıyla 4000 yılı aşkın süredir uygulanan bir pişirme yöntem olup, günümüzde tüm dünyada ev, restoran ve endüstriyel işletmelerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanımda kızartma işleminin gıdada arzu edilen özellikleri sağlanması önemli rol oynamaktadır. Bu pişirme yönteminde gıda merkez noktasına kadar pişmekte ve ayrıca yüzeyde kabuk oluşumu ile birlikte karakteristik tat ve aroma oluşmaktadır (Rossell 2001). Kızartma ile üründe oluşan renk, lezzet ve tekstür gibi duyuşal özellikler tüketici taleplerinin bu ürünlere yönelmesinde büyük rol oynamaktadır (Dobarganes *et al.* 2000).

Kızartma, 150-200 °C gibi bir sıcaklık aralığında gıdanın yağ içine daldırma yöntemiyle bırakılması veya ısınan yüzey ile arasında yağ tabakası mevcudiyetinde aynı anda meydana gelen ısı ve kütle transferinin etkisiyle gıdada arzu edilen renk, tekstür ve lezzeti kazandırmak suretiyle pişirmeyi sağlayan bir işlemdir (Farkas 1995)(Şekil1). Derin yağ içerisinde ve tavada yağsız kızartma olmak üzere iki farklı şekilde uygulanan bu yöntem, en çok tercih edilen pişirme yöntemlerindendir. Derin yağda kızartma işlemi, kızartılacak ürünün yüksek sıcaklıktaki (165-190°C) yağa daldırılmasıyla gerçekleştirilen bir pişirme işlemidir. Eş zamanlı bir ısı ve kütle transfer ortamının oluştuğu derin yağda kızartma işleminde oluşan kompleks reaksiyonlar neticesinde gıdadan su ile birlikte suda çözünebilen maddeler uzaklaşırken aynı zamanda yağ, gıda içerisine geçiş yapmaktadır (Ziaifar *et al.* 2008). Isıtıcı yüzey ile pişirilen ürün arasında ince yağ tabakası bulunduran sığ kızartma işleminde, homojen bir kızartma gerçekleşmemektedir. Bunun nedeni pişirilen ürünün tek yüzeyinin yağ ile temas halinde olmasıdır. Buna karşın derin yağda kızartmada gıdanın bütün yüzeyi yağ ile sarılı olduğundan gıdanın tüm noktalarında ısı transferi aynı olup, pişme olayı homojen bir şekilde olmaktadır. Derin yağda kızartma işlemi arzu edilen tekstür, lezzet ve renk gibi duyuşal özellikler ve dolayısıyla ürün kalitesi üzerinde daha etkili bir yöntem olduğundan sığ kızartma işlemine göre oldukça fazla tercih edilmektedir (Yılmaz 2009).



Şekil 1. Kızartma prosesinde ısı ve kütle transfer mekanizması (Arslan 2019; Aydeniz B. 2012; Aydın 2018).

Kızartma işlemi genel olarak, atmosferik şartlarda 165-190°C gibi sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Belirtilen sıcaklık koşullarında yapılan kızartmalarda oldukça fazla karşılaşılan problem ise gıdanın tamamen pişmeden aşırı derecede kararması ve hatta diğer bir olasılık olarak yanmasıdır. Bir başka sorun ise oksijen ve yüksek sıcaklıkların etkisi ile yağda kısa sürede bozunma reaksiyonlarının gerçekleşmesi ve böylelikle gıdanın önemli özelliklerinden biri olan besleyici değerinin azalmasıdır. Kızartma işlemi sırasında insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip akrilamid gibi bileşiklerin oluşması ise diğer bir problem olarak değerlendirilmektedir (Moreira *et al.* 1999; Choe and Min 2007).

Kızartılmış ürünlerde önemli bir faktör olan sıcaklık, gerekli süre içerisinde ürün merkez noktasının pişmesi ve yüzey tabakasının aşırı yüklenmemesini sağlayacak kadar yüksek derecede olmalıdır (McSavage and Trevisan 2001). Kızartmada yüksek sıcaklık uygulamasıyla gıdadaki suyun uzaklaştırılması mümkündür. Ayrıca uygulanan bu sıcaklıkla mikroorganizmalar ve enzimlerin inaktivasyonu da gerçekleştiği için bu pişirme yöntemiyle hazırlanan ürünler diğer ürünlere göre daha uzun raf ömrüne sahiptir (Kayahan 2002). Diğer taraftan, yağlar uzun süre ısıtıldıklarında fiziksel ve kimyasal pek çok değişikliğe uğramaktadır (Manral *et al.* 2008; Takeoka *et al.* 1997; Wang *et al.* 2015). Bu pişirme yöntemi ile karbonhidratlar, proteinler ve yağlarda çeşitli değişiklikler meydana gelmekte ve nişastanın jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, Maillard ve karamelasyon reaksiyonları ortaya çıkmaktadır (Öke *et al.* 2017; Pedreschi *et al.* 2004; Yagua and Moreira 2011).

Kızartma işleminde yağ, üründe oluşturduğu kızartılmış ürün tat-aroması, tekstür, görünüm, ağızda bıraktığı his, raf ömrü, ulaşılabilirliği ve besin değeri gibi faktörler açısından önem arz etmektedir (Shahidi and Zhong 2005). Yağ aynı zamanda kızartma işleminde gıdanın dehidrasyonu için ısı transfer ortamı olup, yağın kalitesini ve ürünün tat stabilitesini

etkilemektedir (Gupta 2005). Kızartmada kullanılan yağ, gıdanın termal ve fizikokimyasal özellikleri, gıdanın şekli, yağın sıcaklığı ve basınç kızartma süresince ısı-kütle transferini etkileyen önemli faktörlerdir (Pedreschi 2012). Isı transferine ortam sağlayan yağlarda çeşitli fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelebilmektedir (Gupta *et al.* 2004). Yağda meydana gelen bu değişikliklerde sıcaklık-süre, kullanılan yağın çeşidi ve kalitesi, ürün içeriği, antioksidan bileşikler, ürün/ yağ oranı ve ekipmanının teknik parametreleri etkili olabilmektedir (Choe and Min 2007; Sugay and Dana 2003; Sanchez-Gimeno *et al.* 2008). Bundan dolayı kızartma yağının, serbest yağ asidi ve polar madde içeriğinin düşük, tekrarlı kullanımda yüksek stabiliteye sahip olması gerektiği bildirilmektedir (Debnath *et al.* 2012).

Kızartma işleminde kullanılan yağın türü kızartma kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Bulut ve Yılmaz 2010). Kızartma için kullanılacak yağlar 'Türk Gıda Kodeksi Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı ve Sıvı Yağlar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği' (2012)'e göre; gıdaların kızartılmasında için kullanılan katı ve sıvı yağları göstermektedir. Bu tebliğe göre; kızartma yağının asit sayısının en fazla 2,5 mg KOH/g yağ, polar madde miktarının en fazla % 25, sıcaklığının ise en fazla 180°C olması gerekmektedir (Anonim 2012). Ayrıca kızartma yağlarının polimer bileşik yükünün en fazla % 1'e, dumanlanma noktası sıcaklığının >200°C olması gerektiği, laurik asit içermemesi ve en fazla % 2 linolenik asit içermesi gerektiği de belirtilmektedir (Kayahan 2002). Dünyada 20 milyon ton civarında bitkisel ve hayvansal yağ kızartma amacı ile kullanılmaktadır (Negishi *et al.* 2003). Ülkemizde de ise beslenme alışkanlıklarından dolayı kızartma işlemlerinde yaygın olarak bitkisel sıvı yağlar kullanılmaktadır (Oysun 1983). Kızartma işleminde genellikle palm, mısır, pamuk, soya ve ayçiçek yağı tercih edilmektedir (Sanchez-Gimeno *et al.* 2008). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) tohumundan elde edilen ayçiçek yağı, % 48 - 70 linoleik, % 14 - 40 oleik, % 4 - 9 palmitik ve % 1 - 7 stearik asit içeren oda sıcaklığında sıvı bir yağ çeşididir. Yüksek linoleik (% 69 linoleik), yüksek oleik (% 82 oleik) ve orta oleik yağ asidi içeren çeşitleri olan ayçiçek yağı lesitin, tokoferol, karotenoid ve vaks içermektedir. Ayçiçek yağı tadı ve görünümü hafif ve E vitamini içeriği yüksek bir yağdır (Anonymous 2010). Mevcut bu çalışmada kızartma işleminde ayçiçek yağı kullanılmış ve seçilen antioksidanların bu yağın stabilitesine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kızartma esnasında yağda fiziksel ve kimyasal çok sayıda değişiklik meydana gelmektedir. Yağ kalitesi açısından oldukça büyük önem arz eden fiziksel değişiklikler arasında viskozitede artış, renkte koyulaşma, köpük oluşumunda artış ve dumanlanma noktasının düşüşü yer almaktadır (Tur 2009; Güncüoğlu 2011). Kimyasal açıdan ise gıdadaki mevcut su, oksijen ve sıcaklığın etkisiyle yağda hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyonunda içinde yer aldığı bir

çok değişim gerçekleşmektedir (Choe and Min 2007; Gertz *et al.* 2014; Kmiecik *et al.* 2017 ; Mekawi *et al.* 2019). Hidrolizde triaçilgliseroller, su varlığında ayrışarak diailgliserollere ve serbest yağ asitlerine dönüşmektedir (Shahidi 2005). Bu reaksiyon neticesinde ransit tat oluşmakta, gıdada duyuşal kalite kaybı ve sağlığı olumsuz etkileyen okside ürünler ortaya çıkmaktadır (Man and Jaswir 2000; Nor *et al.* 2008; Jaswir *et al.* 1999). Bu reaksiyonda ortamdaki su miktarı, su-yağ etkileşimi, mono ve di-gliseritler, serbest yağ asitleri ve gliseroller doğrudan etkili olmaktadır (Choe and Min 2007; Frega *et al.* 1999). Polimerizasyonda doymamış yağ asitleri molekülleri arasında çapraz bağlanmalar söz konusu iken (Nawar 1969) bu reaksiyon sonucunda kızartma yağının çeşidine, sıcaklığa ve kızartma tekrar sayısına bağlı olarak değişik seviyelerde dimer ve polimerler ortaya çıkmaktadır (Choe and Min 2007). Oksidasyon, yağlarda mevcut çift bağlarda oksijen ile meydana gelen bir bozulma reaksiyonu olup, yağların raf ömrünü belirleyen önemli kalite kriterlerinden biridir. Otooksidasyon başlangıçta yavaş ilerleyen bir reaksiyon olmasına karşın kızartmada kullanılan yüksek sıcaklığa bağlı olarak termik oksidasyon oluşmakta ve yağ hızlı bir şekilde bozulmaktadır (Önder 2011). Oksidasyonda birincil ürünler olarak ortaya çıkan hidroperoksitler oldukça kararsız bileşikler olup, hızlı bir şekilde parçalanarak düşük molekül ağırlıklı ve uçucu özellikte aldehytler ve ketonlar gibi ikincil oksidasyon ürünlerine parçalanmaktadır (Şenköylü 2001). Oluşan bu parçalanma ürünleri içerisinde sekonder ürünler yağların raf ömrünü de etkilemektedir (El-Massry *et al.* 2002). Bozulma reaksiyonlarının tümü yağda ard arda gerçekleşerek tat ve kokuda bozulmalara sebep olmaktadır (Sumnu and Sahin 2008). Diğer taraftan oluşan bu ürünlerin insan sağlığına zarar veren çeşitli toksik bileşikler olduğu da bildirilmektedir (Kayahan 2003).

Isıl işlem ve depolama gıdada lipid serbest radikallerinin miktarı artırmaktadır (Yavaşer 2011). Serbest radikallerin etkilerini ve meydana gelen oksidasyonu gidermek amacıyla antioksidan aktivitesi olan çeşitli bileşikler kullanılmaktadır (Halliwell 1996.). Antioksidanlar genellikle fenolik fonksiyonel grup içeren, serbest radikal oluşumunu engellemek veya daha önceden oluşan radikalleri uzaklaştırmak suretiyle hücre zararını önleyen bileşiklerdir (Kahkönen *et al.* 1999). Antioksidan maddeler doğal ve yapay olarak sınıflandırılmaktadır. Doğal antioksidanlar organizmada sentezlenebildiği gibi (endojen kaynak) gıdalarla da vücuda (ekzojen kaynak) alınabilmektedir (Taner 2005). Hücreler normal koşullarda serbest radikaller ve peroksitler gibi bileşiklerin oluşturduğu oksidatif tahribe karşı savunma sistemlerinden birisi olan antioksidanlar tarafından korunmaktadır (Rice-evans *et al.* 1997). İnsan vücudunda sentezlenen antioksidanlar, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Burtis and Ashwood 1999). Enzimatik antioksidanlar, antioksidan savunma sistemi olarak da adlandırılan süperoksit dismutaz, katalaz, glutatyon peroksidaz,

glutasyon S transferaz gibi antioksidan enzimlerinden, enzimatik olmayan antioksidanlar ise glutasyon, melatonin, transferrin, seruloplazmin, albümin, bilirubin, koenzim Q₁₀ ve alfa-lipoik asit gibi bileşikleri içermektedir (Kasnak 2015). Ekzojen kaynaklı antioksidanlar ise karotenoidler (likopen, β -karoten, lutein) polifenoller (fenolik asit, flavanoid, antosiyaninler, kateşinler, proantosiyanidinler gibi), antioksidan vitaminler (Vitamin A ve C) ve mineraller (çinko, selenyum ve bakır) gibi bileşik gruplarını ihtiva etmektedir (Kasnak ve Palamutoğlu 2015).

Bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) ve tert-bütill hidrokinon (TBHQ) gibi sentetik antioksidanlar, yüksek antioksidan içerikleri nedeniyle yağlı ürünlerde oksidasyon, peroksidasyon ve oto-oksidasyonunu önlemek için yaygın ve etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Derakhshan *et al.* 2018; Konsoula 2016 ; Mohdaly *et al.* 2010 , 2011; Padmaja and Prasad 2011). Bu tip antioksidanlar daha yüksek stabilite ve performans, maliyet düşüklüğü ve kolay ulaşılabilirlik sağladığından doğal antioksidanlara tercih edilmektedir (Saad *et al.* 2006, Xiu-Qin *et al.* 2009) Bu antioksidanlar endüstriyel ölçekte belirtilen avantajlara sahip olsa da yapılan araştırmalar uzun vadeli kullanımlarının potansiyel sağlık riskleri ve olumsuz etkileri olduğunu ortaya koymaktadır (Hygreeva *et al.* 2014 ; Mohdaly *et al.* 2011; Jeong *et al.* 2005; Engin *et al.* 2011; Botterweck *et al.* 2000; Randhawa and Bahna 2009; Bleve *et al.* 2008). Sentetik antioksidanların belirtilen olumsuz etkileri nedeniyle gıda ve ilaçlardaki kullanımı yasal olarak sınırlandırılmıştır (Yavaşer 2011).

Organizma yaşlandıkça doğal antioksidan üretimi yavaşlamaktadır. Yapılan araştırmalarda bu açığın giderilebilmesi için alternatif antioksidan kaynağı gerekliliğine işaret edilmektedir. Bitkisel antioksidanların bu anlamda büyük öneme sahip olduğu bildirilmektedir (Taner 2005). Bitki kaynaklı doğal antioksidanlar meyve-sebze, çay ve çeşitli ot ve tohum, baharat, tahıl ve ağaçlardan elde edilebilir (Xu *et al.* 2017). Bu kaynaklardan elde edilen antioksidanlar doğrudan ya da etken antioksidan maddenin ekstrakte edilerek saflaştırılması ile kullanılabilir (Karre *et al.* 2013). Tüketici alışkanlıklarındaki değişim, sağlık endişeleri gibi faktörler gıda sanayinde bitkisel kaynaklı doğal antioksidanların kullanımında artışa neden olmuş ve son yıllarda bu konu üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Batista Silva *et al.* 2018; Nguyen *et al.* 2016; Wang *et al.* 2020 ;Cheng *et al.* 2020; Tang *et al.* 2020; Ge *et al.* 2019; Shah *et al.* 2014)

Nar (*Punica granatum* L. *Punicaceae*), meyvenin sahip olduğu tatlılık, asidik su ve çeşitli antimikrobiyal, antioksidan, antitumör ve antihipertansif özellikleri nedeniyle dünya çapında yetiştirilen en eski meyve çeşitlerinden biridir (Kandylis and Kokkinomagoulos 2020; Zarezadeh Mehrizi *et al.* 2017; De Oliveira *et al.* 2020). Narın pek çok vitamin ve mineral,

antienflamatuar bileşik ve doğal östrojen için iyi bir kaynak olduğu bildirilmektedir (Basiri 2015) Nar meyvesinin büyük kısmı meyve suyu üretiminde kullanılmakta ve kabuk ve çekirdek atık israfına neden olmaktadır (Singh *et al.* 2020 ; Živković *et al.* 2018). Bu atıklar hayvan yemi olarak ya da çevresel ve ekonomik sorunlara neden olacak şekilde çevreye atılmaktadır. Halbu ki yüksek oranda biyoaktif bileşen içeren meyve kabuklarının fonksiyonel ürün geliştirmede katkı maddesi olarak kullanılabileceği bildirilmektedir (Singh *et al.* 2019; Barati Boldaji *et al.* 2020; Parmar and Kar 2008). Nar kabuğu; antosiyanin , hidrolize edilebilir tanenler , fenolik asitler ve flavonoidler gibi polifenol bileşikler içermekte (Kumar and Srinivasa Rao 2020) ve bu biyoaktif bileşenlerin miktarı, yenilebilir meyve kısmından daha yüksek seviyede bulunmaktadır (Kaderides *et al.* 2021).

Lamiaceae *familiyasına* ait biberiye, kekik, adaçayı, kekik ve nane gibi bitkiler oldukça yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Babovic *et al.* 2010) Akdeniz ve Orta Doğu bölgelerine ait çok yıllık, yaprak dökmeyen bir çalıdan elde edilen adaçayı (Radivojac *et al.* 2020 ; Vidović *et al.* 2013) , fenolik asitler , polifenoller, flavonoid glikozitler, antosiyaninler, seskiterpenoidler, diterpenoidler, sesterterpenler ve triterpenlerinde dahil olduğu önemli bir fitokimyasal kaynağı bitkidir. Genellikle çay, baharat ve aroma maddesi olarak tercih edilen adaçayı, kozmetik, parfüm ve ilaç sanayinde çeşitli antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır (Bozin *et al.* 2007; Babovic *et al.* 2010; Sertel *et al.* 2011). Pek çok araştırmacı adaçayı ve ekstraktlarının gıdalarda oksidasyonu engellemede antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceğini belirtmektedir (Fasseas *et al.* 2008 ; Mariutti *et al.* 2011; McCarthy *et al.* 2001; Mariutti *et al.* 2008).

Gıda ürünlerin hazırlanmasında yaygın bir şekilde tercih edilen derin yağda kızartma işleminde ürün kalitesi en önemli faktörlerden biridir. Kızartma ekipmanın tipi, kızartma süresi, kızartma sıcaklığı, kızartma kalitesi, kızartma yağının özellikleri, ürüne uygulanan bazı ön işlemler, yağın depolanması, yağın tekrarlı kullanımı, kızartma sırasında yağın değiştirilmesi veya taze yağ ikamesi gibi işleme koşullarının yanı sıra ürün matrisi kızarmış ürünlerin kalitesini, meydana gelebilecek reaksiyon bileşiklerini önemli oranda etkilemektedir (Oke *et al.* 2017; Ayustaningwarno *et al.* 2018; Esfarjani *et al.* 2019) Yağların yüksek sıcaklıklarda uzun süre boyunca kullanımının ve periyodik değişiminin yapılmamasının yağlarda fiziksel özellikler bakımından değişikliklere ve peroksit dahil olmak üzere çeşitli kimyasalların konsantrasyonunun artmasına neden olduğu bilinmektedir (Takeoka *et al.* 1997; Manral *et al.* 2008; Wang *et al.* 2015). Yağlarda ve gıdalarda doğal olarak bulunan ya da sonradan ilave edilen antioksidanlar kızartma esnasında yağın kalitesine etki etmektedirler. Antioksidan etkileri nedeniyle özellikle kızartma gibi proseslerde yaygın tercih edilen bu bileşiklerin

kızartmaya etkisini belirlemeye yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır (Gordon and Kourimska 1995; Che Man and Tan 1999; Man and Jaswir 2000; Kochhar 2000; Jaswir *et al.* 2000; Chung and Choe 2001; Kim and Choe 2004; Chirinos *et al.* 2011; Sarica 2015; Zhang *et al.* 2016; Yıldırım 2017; Wang *et al.* 2017; Blasi *et al.* 2018; Montesano *et al.* 2019; Wang *et al.* 2020; Kaderides *et al.* 2021). Antioksidan olarak tercih edilen nar kabuğu (Naveena *et al.* 2008; Elibal 2009; Altunkaya *et al.* 2013; Özdemir 2014; Drinić 2020; Kaderides *et al.* 2021; Dargham 2022) ve adaçayı (Jaswir *et al.* 2000; Pizzale 2002; Kılınççeker 2014; K.Oudjedi 2015; Kahya 2022) üzerine de çalışmalar yapılmış fakat ayçiçek yağında tekrarlı kızartma işleminde nar kabuğu ve adaçayı ekstraktlarının kullanımına yönelik bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Mevcut bu çalışmada ayçiçek yağı ile 12 kez tekrarlanan derin yağda kızartma işleminde doğal antioksidan olarak nar kabuğu ve adaçayı ekstraktları ile sentetik antioksidan olarak BHT'nin kullanım imkanları araştırılmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Kızartma sırasında bitkisel yağın oksidatif stabilitesini arttırmak için biberiye özütü kullanılan bir çalışmada, ekstraktın kızartmada kullanımının yağ oksidasyonunu geciktirebileceği, biberiye özü ile formüle edilmiş yağın, düşük peroksit değeri, asitlik ve doymuş yağ asidi bileşimini koruduğu, ekstraktın kızartılmış ürünün duyu özelliklerini 15. kızartmaya kadar koruyabildiği ve fenolik bileşiklerin oksidatif süreci inhibe ettiği veya geciktirdiği bildirilmiştir. Ayrıca söz konusu etkilerin mekanizmasına yönelik yeni araştırmalara ihtiyaç olduğu da vurgulanmıştır (Chammem 2015).

Soursop çiçek ekstraktının kızartma sıcaklığında palm olein (PO) oksidasyonuna etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bir araştırmada, kızartma yağına 200-1800 mg/kg seviyelerinde ekstrakt ilave edilmiş ve fırında 180°C'de 6 gün (günde 4 saat ısıtma) saklanmıştır. Analizler sonucunda, doğal ekstrakt içeren palm olein grubunun en düşük oksidasyon oranını verdiği, kızartma sıcaklığında yağdaki doymamış yağ asitlerinin uzaklaştırılmasının sınırlandırılmasını sağladığı, yağ oksidasyonunu önlemedeki etkinin $PO + Ekstrakt_{1800ppm} > PO + Ekstrakt_{1400ppm} > PO + Ekstrakt_{1000ppm} > PO + Ekstrakt_{600ppm} > PO + Ekstrakt_{200ppm} > PO + BHT_{200ppm}$ şeklinde olduğu ve soursop çiçeklerinin palm oleinin stabilizasyonu için güçlü bir doğal antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Fabrice 2017).

Jaswir *et al.* (2000) tarafından yürütülen bir çalışmada, rafine palm yağına biberiye ve adaçayı ekstraktları ilavesinin yağın kızartma stabilitesine etkisi değerlendirilmiş, kontrol grubu viskozite değerlerinin 50.2 cP (0.gün) ve 71.1 cP (6.gün) aralığında değiştiği, biberiye ve adaçayı ile muamele edilmiş örneklerde değişimin daha az olduğu, bu doğal ekstraktlarla katkılanmış yağlarda 6. kızartma günü sonunda sırasıyla 65.3 ve 64.2 cP viskozite değerlerine ulaşıldığı rapor edilmiştir.

Chung and Choe (2001)' in tarafından yürütülen bir araştırmada susam yağının sesamol, sesamin ve sesamolinin lignan bileşiklerinin, ısıtma sırasında stabil olduğu, 170°C'de ısıtma sırasında kavrulmuş susam yağının oksidatif stabilitesine katkı sağladığı, karışım yağda soya fasulyesi yağına göre 160°C'de kızartıldığında konjuge dioneik asit oluşumunun azaldığı, harmanlanmış yağdaki susam yağı içeriği arttıkça susam yağındaki antioksidanlar nedeniyle konjuge dien oluşumu azaldığı, susam yağı ve pirinç kepeği yağı ilavesinin yüksek sıcaklıkta

stabil olan avenasterol nedeniyle ayçiçek yağının oksidatif ve lezzet stabilitesini artırdığı bildirilmiştir.

Tekrarlı kızartma işleminde polar bileşik oluşumu ve termik oksidasyonu geciktirmede bazı doğal ve sentetik antioksidanların etkilerinin incelendiği bir araştırmada; rafine soya fasulyesi yağına BHT (Butillenmiş hidroksil tolüen), TBHQ(ter-butil hidroksikinon), α - ve γ - tokoferol, tokoferol karışımı (α , β , γ ve δ), sesamol, β -sitosterol, β -sitostanol, γ -oryzanol gibi antioksidanlar ile kurkumin, biberiye özü ve sakaroz asetat izobutirat ilave edilerek analiz edilmiştir. Analizler neticesinde biberiye özütü ile sakaroz asetat izobutirat içeren örnekler polar madde ve sekonder oksidasyon ürünleri üzerine önemli etkiler gösterdiği, bu bileşiklerin yapay antioksidanlarla kıyaslandığında oksidatif stabilitede % 30'un üzerinde artışa sebep olduğu, 6 saatlik ısıtmanın sonunda sakaroz asetat izobutirat ilaveli yağların BHT, TBHQ ve tokoferoller içerenlere göre rengi daha iyi koruduğu, antioksidan etki açısından kurkumin, sesamol ve γ -orizanolün diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Sonuç olarak sakaroz asetat izobutirat ve biberiye özünün ticari uygulamalarda kızartma işleminde stabilite artırma amacıyla kullanılabileceği vurgulanmıştır (Kıran 2015).

Alsufiani and Ashour (2021) tarafından yürütülen bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (100, 500 ve 1000 ppm) 2,4,4'-trihidroksikalkon doğal antioksidan olarak seçilerek ayçiçek yağına ilave edilmiş, 88 gün depolanarak ayçiçek yağında oksidasyon parametreleri üzerine etkileri incelenmiş ve benzer konsantrasyonlarda ilave edilen BHT içeren örneklerle karşılaştırılmıştır. Analizler sonucunda 2,4, 4'-trihidroksikalkon'un kullanımının yağın peroksit, anisidin ve p-anisidin, TBARS ve TOTOX değerlerini azalttığı, bu antioksidan maddenin depolamada primer ve sekonder oksidasyon ürünleri oluşumunu önemli seviyede azalttığı, 2,4,4'-trihidroksikalkon BHT ile kıyaslandığında oksidasyon ürünleri inhibisyonu açısından benzer ya da daha iyi sonuçlar verdiği ve ayçiçek yağında oksidatif stabilite açısından 2,4,4'-trihidroksikalkon sentetik antioksidanlara uygun bir doğal alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Sentetik ve doğal antioksidanların aspir, ayçiçek, kanola ve pamuk yağına ilave edilerek oksidatif ve termal stabilite açısından kıyaslandığı bir araştırmada araştırmacılar, indüksiyon zamanı açısından en yüksek ve en düşük değerleri sırasıyla kanola ve aspir yağının verdiğini, indüksiyon süresi açısından en yüksek skoru TBHQ ve PG içeren kanola yağının gösterdiğini, TBHQ, PG ve BHA'nın oksidasyon hızı ve antioksidan etki açısından en etkin antioksidanlar olduğunu, termal stabilite açısından en iyi yağ olarak kanola yağının belirlendiğini, PG ve TBHQ kullanılan gruplarda polar maddenin daha uzun süreçte arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmada kullanılan yağlar açısından en iyi sonuçların kanola yağında belirlendiği ve

sentetik antioksidanlar içerisinde TBHQ ve PG'nin en etkili olduğu belirtilmiştir (Büyükyılmaz ve Keçeli 2018).

Asadi and Farahmandfar (2020), kızartmada kanola yağının stabilizasyonu üzerine *Teucrium polium* ekstraktının etkilerini incelemiş ve elde edilen sonuçları BHA ile karşılaştırmışlardır. Araştırmada örneklerin toplam fenolik madde içeriği 60,90 mg/g, α -tokoferol miktarı 103,66 μ g/ml, flavonoid miktarı 4,36 mg/g, yoğun tanen bileşimi ise 3,77 mg/g olarak belirlenmiştir. Ayrıca 200, 600 ve 1.000 ppm oranlarında ekstrakt ilave edilen kanola yağları 30 saat süreyle 180°C'de kızartma esnasında tüm gruplarda oksidasyon ve bozulmayı geciktirdiği ve söz konusu ekstraktın kızartmada doğal bir antioksidan olarak kullanılabileceği de bildirilmiştir.

İki farklı antioksidanın ((-)-epigallocatechin gallate (EGCG) ve (-)-epicatechin'in (EC)) farklı konsantrasyonlarda (100-300 ppm) çay tohumu yağına ilave edilerek soya fasulyesinin kızartma stabilitesine etkilerinin belirlendiği bir çalışmada; EGCG ve EC ilave miktarındaki artışa bağlı olarak yağın termal stabilitesi açısından artışlar olduğu, kızartma stabilitesinin 300 mg/kg EC ilave edilen örneklerde diğerlerine göre daha yüksek olarak belirlendiği, aynı grupta 12 haftalık depolama sonrasında lipid oksidasyonunun kontrol grubuna göre daha düşük olduğu ve EC2'nin kızartılmış gıdanın depolanmasında etkin bir antioksidan olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Prabsangob and Benjakul 2018).

Alizade *et al.* (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada, dilimli patateslerin derin yağda kızartılması esnasında tokoferol, biberiye ve ferulagodan elde edilen ekstraktların ayçiçek tohum yağı ve palm olein karışımındaki oksidasyon üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada ekstraktların DPPH radikal süpürme aktiviteleri sırasıyla biberiye % 10 > biberiye % 1 > biberiye % 0.1 > ferulago % 10 > ferulago % 1 > ferulago % 0.1 şeklinde olduğu, kızartma işleminden sonra biberiye muamelesinde, peroksit değeri 1.2 meq O₂/kg, serbest yağ asidi içeriği % 0,124, toplam polar madde % 12,2, hekzanal konsantrasyon 62,4 ng/g ve heptanal konsantrasyon 73,8 ng/g olarak tespit edildiği, Ferulago ekstraktının, kontrol grubundan daha yüksek peroksit sayısı değeri verdiği ve ikincil oksidatif değişiklikleri geciktirmede etkili olduğu, tokoferolün ise birincil oksidasyonu oldukça geciktirdiği, biberiye ekstraktının ise TBHQ'ya iyi bir doğal alternatif olabileceği bildirilmiştir.

Yıldırım (2017) tarafından yürütülen bir çalışmada derin yağda kızartma işleminde biberiye (*Rosmarinus Officinalis L.*) ekstraktının 3-MCPD ve glisidil esterleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan patatesler farklı NaCl çözeltilerinde (% 0, 1, 2,5 ve 5) bekletildikten sonra 0, 500, 1000 ve 2000 mg/kg konsantrasyonlarında biberiye ekstraktı içeren ayçiçek yağında kızartılmıştır. Çalışmanın sonraki aşamasında ise 2000 mg/kg biberiye

ekstraktıyla zenginleştirilmiş olan ayçiçek yağında tekrarlı kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın tüm aşamalarında 3-MCPD ve glisidil esterleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Ayrıca tekrarlı kızartma işlemlerinden elde edilen kızartma yağları ise toplam polar madde, serbest yağ asitliği, p-anisidin değeri, fotometrik renk indeksi, yağ asidi kompozisyonu ve iyot sayısı yönünden analize tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda, kızartma yağında oluşan 3-MCPD ve glisidil esterleri oluşumuna farklı NaCl konsantrasyonları ile ve biberiye ekstraktının istatistiki açıdan önemli etkilerinin olmadığı rapor edilmiştir. Buna karşın biberiye ekstraktı içeren örneklerin tekrarlı kızartma işleminden sonra daha düşük serbest yağ asidi ve p-anisidin değeri verdiği, iyot sayısı açısından ise daha yüksek değerlerle karşılaştığı bildirilmiştir.

Ceylan (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, ticari kızartma yağı, fındık yağı, palm olein yağı ile farklı oranlarda fındık yağı ve palm olein yağlarının paçallanmasıyla elde edilen yağlarda 180°C’de kızartma işlemi yapılmıştır. Bununla birlikte yağ örneklerine, BHT ve uşkun bitkisi ekstraktı (*Rheum ribes L.*), kinoa bitkisi ekstraktı (*Chenopodium quinoa Willd.*) ve propolis ekstraktlarından ilave edilmiştir. Araştırmada doğal ekstraktların etkisi BHT ile kıyaslandığında, BHT’ye en yakın etkiyi 1500 mg/kg düzeyinde düzeyde propolis ekstraktının gösterdiği ifade edilmiştir. Analiz sonuçları, kızartma sayısının artmasıyla yağ örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde istatistiksel anlamda önemli derecede değişimin olduğunu da göstermiştir ($P<0.05$). Ayrıca palm olein yağının oranının artmasıyla birlikte oksidatif stabilitenin de arttığı ancak bunun daha yüksek miktarda 3-MCPD ve glisidil esteri meydana gelmesinde de etkili olduğu ifade edilmiştir.

Turunçgil kabuğu (portakal, limon, mandalina) kaynaklı antioksidanların derin yağda kızartma işlemi boyunca yağın oksidatif kararlılığı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; turunçgil kabuklarından elde edilen ekstraktlar kızartmalık yağ içerisine ilave edilerek kızartma işlemi sırasında oluşan oksidasyon üzerine etkisi sentetik bir antioksidan olan BHT ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Mandalina kabuğu ekstraktı içeren yağ örneklerinin diğer örneklerle kıyasla toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi değerlerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Araştırmada derin yağda kızartma işlemi tekrarlı olarak uygulanarak alınan yağ örneklerinin; serbest yağ asidi miktarı, peroksit sayısı, p-anisidin, konjuge dien ve renk değerleri de belirlenmiştir. Araştırma sonucunda tekrarlı kızartma işleminde ilave edilen doğal antioksidan kaynaklarından portakal ve limon ekstraktının oksidasyonun önlenmesi açısından en etkili ekstraktlar olduğu ifade edilmiştir (Aydın 2018).

Maskan *et al.* (2006) buhar destilasyonuyla elde edilen kara kekik ekstraktının mısır özü yağında yapılan kızartma işlemi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada patates kızartma işleminde yağa 400 mg/kg seviyesinde kara kekik ekstraktı ilave etmiş ve beş

gün süreyle elli kızartma işlemi uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, anisidin değeri kızartma boyunca kontrol örneklerinde 9,08-64,30 aralığında iken kekik ekstrakt ilaveli yağda 9,08-34,94 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Kontrol grubu ile kekik ekstraktlı örneklerin iyot sayısı değerlerinin sırasıyla 127,40-91,50 ve 127,40-114,42 arasında değiştiği, serbest yağ asidi miktarının önemli ölçüde azaldığı ve ekstrakt ilavesinin kızartma yağının peroksit sayısı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı da rapor edilmiştir.

Konu ile ilgili bir diğer çalışmada ise yeşil çay yaprağı, üzüm çekirdeği ve domatesten elde edilen ekstraktlar ile pirinç kepeği yağından izole edilen saf γ -oryzanol kızartma işleminde kullanılacak olan yer fıstığı yağına ilave edilmiş ve 180°C'de gerçekleştirilen kızartma işleminden sonra örneklerin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada bütillendirilmiş hidroksi anisol (BHA) ve bütillendirilmiş hidroksi tolue (BHT) kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Analizler sonucunda doğal antioksidan kullanımının kızartma yağının bozulmasının geciktirilmesi ve aynı zamanda kızartılan gıdanın kalitesinin de iyileştirilmesi üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu ve bu sonucun doğal antioksidan ekstraktlarının kızartma yağlarında da güvenle kullanılabileceğini gösterdiği rapor edilmiştir (Yılmaz and Aydeniz 2014).

Alyssum floribundum Boiss. & Balansa (*Brassicaceae*) bitkisinin antioksidan aktivitesi ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelendiği bir çalışmada; bitkinin kök, gövde ve yaprağından etanol kullanılarak elde edilen ekstraktlarında DPPH yöntemi kullanılarak antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar BHT ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizler ile bitkinin kurutulmuş yaprak, kök ve gövdesinden ekstrakte edilebilen maddelerin yüzde veriminin % 15,84 - % 74,37 arasında değiştiği, radikal giderme aktivitesi açısından en iyi performansı kök ekstraktının en az radikal giderme aktivitesini ise gövde ekstraktının verdiği ortaya konulmuştur (Salık 2019).

BHA ve fesleğen esansiyel yağının, derin yağda kızartılan sardalya filetosunun kalitesi ve kızartma yağının kalite özellikleri üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, lipid oksidasyonu, peroksit değeri (PV), tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS), TBA ve serbest yağ asitlerindeki (FFA) değişiklikler araştırılmıştır. Sonuçlar, sardalya filetolarında PV, FFA, TBA ve TBARS değerleri kızartma işleminin sonunda en yüksek seviyede olduğu ancak daha sonra azaldığını göstermiştir. Bununla birlikte hem sardalya filetolarının hem de kızartma yağının kızartılması sırasında oluşabilecek tüm lipid oksidasyon ürünleri üzerinde doğal veya sentetik antioksidanların etkisi için net bir sonuca varmanın mümkün olmayacağı da özellikle vurgulanmıştır (Demirtaş Erol vd. 2022).

Oudjedi *et al.* (2019) tarafından, iki farklı ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen adaçayı ve defne yaprakları ekstraktlarının antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada, iki ekstraksiyon yönteminde de en yüksek aktivitenin % 60 ve % 80 etanol ekstraktlarının verdiği, serbest radikal ABTS'nin % 50'sini temizlemek için adaçayı ve defne yapraklarının % 60 etanol ekstraktlarının başlangıç konsantrasyonlarının sırasıyla $5,67 \pm 0,26 \mu\text{g} \times \text{ml}^{-1}$ ve $18,68 \pm 0,16 \mu\text{g} \times \text{ml}^{-1}$, % 80 etanolik ekstraktlarının konsantrasyonları ise sırasıyla $7,96 \pm 0,02$ ve $14,65 \pm 0,59 \mu\text{g} \times \text{ml}^{-1}$ düzeyinde olduğu, adaçayı yapraklarından elde edilen % 60 etanol ekstraktı ile defne yaprağının % 80 etanol ekstraktının lipid oksidasyonunu sırasıyla % 40 ve % 31 oranında azalttığı belirtilmiştir.

Ada çayı ve ısırgan otundan elde edilen ekstraktların yenilebilir kaplama uygulanmış balık köftelerinin bazı kalite özelliklerine etkilerini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, ada çayı ve ısırgan otu ekstraktlarının uygun seviyelerde gıda kaplama bileşeni olarak kullanımının ürün özellikleri üzerinde olumlu etkisinin olduğu rapor edilmiştir (Kılınççeker 2014).

Dokuz gün süreyle soğukta depolanan tavuk kanadının kalite ve raf ömrüne serbest ve nanokapsüllü ekşi çay ekstraktı ve CMC (karboksimetilselüloz) kullanımının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ekstraktın antioksidan özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin fenolik bileşik miktarı 626,57 mg/g gallik asit, antosiyanin bileşik miktarı ise 379,11 $\mu\text{g}/\text{ml}$ olarak saptanmıştır. Araştırmada CMC ve ekşi çay ekstraktının yağ absorbe etme oranı, nem miktarı, kızartma yüzdesi ve kızartma verimini düşürdüğü, CMC uygulamasının genellikle en iyi değerleri verdiği, depolanan ürünlerde 1000 mg/kg seviyesinde ekşi çay içeren grupta antioksidan aktivitenin arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca CMC içeren nanokapsüllü ekşi çay ekstraktının et ürünleri için doğal bir antioksidan olarak kullanılabileceği de vurgulanmıştır (Feridoni and Shurmasti 2020).

Farklı tohumlardan (Keten, kişniş, ısırgan otu ve çörek otu elde edilen) elde edilen ekstraktlar ve bazı tohumların uçucu yağlarının ayçiçek yağına ilavesi (500 mg/kg, 1000 mg/kg ve 2000 mg/kg) ile yağın oksidasyon stabilitesine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; çörek otu ekstraktı dışındaki örneklerinin diğer örneklerle göre oldukça yüksek etki gösterdiği, gruplar içerisinde 2000 mg/kg kişniş, 500 ile 1000 mg/kg çörekotu, 500 ile 1000 mg/kg ısırganotu ve 1000 ve 2000 mg/kg keten tohumu içeren grupların ayçiçek yağında oksidatif stabiliteyi yükselttiği, bununla birlikte 500 ile 1000 mg/kg kişniş ve 2000 mg/kg çörek otu alkol ekstraktlarının prooksidan etki sergilediği, depolamada süresince sadece çörek otu ekstraktları içeren gruplarda antioksidan aktivitenin söz konusu olduğu bildirilmiştir (Kıralan 2006).

Gıdaların depolaması sürecinde meydana gelen en önemli problemlerden biri olan oksidasyonun önlenmesi için sentetik antioksidanlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda antioksidanlar üzerine yapılan çalışmaların sayısındaki artışa paralel olarak bu bileşiklerin toksikolojik ve kanserojenik etkilerinden dolayı katkı maddesi olarak gıdalara ilavesinden kaçınılmaktadır. Antioksidan etkisi olan önemli bitkilerden biri olan çörek otundan elde edilen esansiyel yağın antioksidan olarak kullanımı, ekstraksiyon tekniklerinin kıyaslaması ve çörek otu uçucu yağında bulunan fraksiyonların termal stabilitesinin etkilerinin derlendiği bir çalışmada , bu yağların uçucu fraksiyonlarının sahip olduğu antioksidan etki nedeniyle gıdalardaki kullanımının pozitif sonuçlar verdiği, çörek otunda bulunan uçucu yağların etkilerinin belirlenmesine yönelik çok az araştırma olduğu, bu tohum yağı ve benzeri yağlardan elde edilecek antioksidanların eldesinde uygulanacak farklı ekstraksiyon tekniklerinin üründe kullanım ve depolamanın ardından elde edilecek verilerin karşılaştırılması ve bu yağların doğal antioksidan kaynağı olarak sentetik antioksidanlar yerine kullanılabileceği ifade edilmiştir (Bulca 2014).

Doğal antioksidanların (zerdeçal ve patates kabuğu) etanolik ekstraktlarının ayçiçek yağındaki antioksidan aktivitelerinin ticari antioksidanlar (α - tokoferol, β -karoten) ve bazı antioksidan bileşikler (askorbil palmitat, sitrik asit ve lesitin) ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, kullanılan antioksidanların kombine kullanımı ile konsantrasyonlarındaki değişime bağlı olarak sinerjik ve antagonistik etkileri de incelenmiştir. Ön denemelerle belirlenen antioksidan kombinasyonu ve konsantrasyonları ile yağlar 65°C'de 6 gün süreyle depolanmıştır. Depolama sonucunda sadece patates kabuğu kullanılan örneklerde peroksit değerinin 40,96 meq O₂/kg düzeyinde olduğu, sadece zerdeçal kullanılan örneklerin ise düşük antioksidan aktiviteden dolayı peroksit değerinin 127,67 meq O₂/kg olarak belirlendiği, en yüksek antioksidan aktiviteye 25,72 meq O₂/kg peroksit sayısı ile askorbil palmitatın sahip olduğu, α - tokoferol içeren antioksidan kombinasyonlarından ise başarılı sonuçlar elde edilemediği, 5000 mg/kg konsantrasyonunda kullanılan zerdeçal ekstraktının 1000 mg/kg askorbil palmitat ile birlikte kullanımının çok kuvvetli bir sinerjik etki (% 94.95) oluşturduğu belirlenmiştir. Araştırmada sonuç olarak lipid oksidasyonuna karşı patates kabuğu atıklarının etkin bir şekilde değerlendirebileceği kanıtlanmıştır (Bozyokuş 2019).

Fıstık yağına doğal yeşil çay ekstresi, saflaştırılmış likopen, saflaştırılmış resveratrol ve saflaştırılmış γ -orizanol katılarak kızartmadaki antioksidan performanslarının değerlendirildiği bir çalışmada, yağda serbest yağ asidi miktarının 0,1-2,9 g/100 g yağ arasında değiştiği, konjuge dien miktarının 0,01-0,40 g/100 g olarak tespit edildiği, toplam polar madde miktarının 8,8 ile 73,8 g/100 g arasında değiştiği, toplam fenol madde miktarının 0,1- 4,2 mg/100 g olduğu ve

antioksidan kapasitesinin ise 0,5-11,0 mM trolox eşdeğeri olarak belirlendiği rapor edilmiştir. Çalışmada ayrıca antioksidan kullanımının yağlarda yağ asidi ve sterol bileşimlerinde değişikliklere neden olduğu, doymamış yağ asitlerinde bozulmayı engellediği, trans asit oluşumunu azaltabileceği, saflaştırılmış γ -orizanol ilaveli yağların diğer yağ örneklerinden daha fazla sterol içerdiği ve yağı koruma açısından en iyi sonucu saflaştırılmış γ -orizanol verirken bunu sırasıyla yeşil çay özütü ve saflaştırılmış likopenin takip ettiği belirtilmiştir (Aydeniz and Yılmaz 2016).

Naveena *et al.* (2008), pişmiş tavuk köftesinde nar suyu, nar kabuğu ekstraktı ve BHT'nin antioksidan etkisini belirledikleri çalışmalarında; nar suyu ve nar kabuğu ekstraktı ilave edilen köftelerin toplam fenol miktarının 152- 70 $\mu\text{g/g}$ (tannik asit)'dan 195- 224 $\mu\text{g/g}$ 'a yükseldiği, ilave edilen ekstraktların köftelerin duyusal parametrelerine herhangi bir etkisinin olmadığı, kontrol grubunda TBARS değerinin 1,272 mg MDA/kg iken; nar suyu, nar kabuğu ekstraktı ve BHT ilave edilen köftelerde ise bu değerlerin önemli ölçüde azaldığı, nar kabuğu ekstraktının lipid oksidasyonunu en yüksek seviyede engellediği tespit edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmada kızartma yağı olarak antioksidan içermeyen ayçiçek yağı kullanılmış ve çalışma süresince oda sıcaklığında karanlıkta muhafaza edilmiştir. Erzurum ilinde bulunan yerel bir marketten üretim tarihinin başlangıcında olan taze örneklerden temin edilmiştir. Kullanılmış olan dondurulmuş patatesler de Erzurum'da faaliyet gösteren ulusal zincir marketlerinden temin edilmiştir.

Doğal antioksidan olarak nar kabukları ve kurutulmuş adaçayı yaprakları ve sentetik antioksidan olarak BHT kullanılmıştır. Hicaz nar çeşidi Erzurum piyasasından temin edilmiştir. Ada çayı ise yine Erzurum da yerel bir firmadan alınmıştır. BHT ise bir kimyasal madde firmasından temin edilmiştir.

Metot

Deneme planı

Araştırmada kızartma için ayçiçek yağı kullanılmış ve atmosferik kızartma uygulanmıştır. Kızartma işlemi için ayçiçek yağına ada çayı ekstraktı , nar kabuğu ekstraktı veya BHT eklenmiştir. Deneme iki tekerrürlü olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Deneme planı Tablo 1'de verilmiştir.

Kızartma İşlemi

Derin yağda kızartma işleminde materyal olarak dondurulmuş patatesler kullanılmış ve kızartma bir fritözde (BAYSAN) gerçekleştirilmiştir. Kızartma işlemi öncesinde kontrol grubuna herhangi bir antioksidan eklenmemiştir. Nar ve adaçayı içeren gruba 2 L için 1000 mg/kg , BHT içeren gruba 200 mg/kg antioksidan ilave edilmiştir. Kızartma öncesi antioksidan katılan yağlar 2 saat boyunca karıştırıcıda (corning stirrer/hot plate) karıştırılmıştır. Kızartma işlemine 2 L yağ ile başlanmıştır. 2 L yağa 200 gr dondurulmuş parmak patates eklenerek 12 kez kızartma işlemi uygulanmıştır. Yağ 180°C'ye gelince patatesler eklenmiş ve 3 dk kızartma işlemi yapılmıştır. Kızartma işlemi sıcaklığını kontrol etmek amacıyla Testo 845 infrared termometre kullanılmıştır. Analizler için kızartma öncesi (0. Kızartma) ve kızartma sonrası (3. 6. 9. ve 12.) örneklerden 200 ml analiz numunesi alınmıştır. Kontrol grubu, nar, adaçayı ve

BHT olmak üzere 4 farklı grupta ve 2 paralel olacak şekilde toplam 96 kızartma işlemi yapılmıştır.

Tablo 1. Deneme Planı

Antioksidan Çeşidi	Kızartma Tekrar Sayısı	Tekerrür
Kontrol	0	1
	3	
	6	
	9	
	12	
	0	2
	3	
	6	
	9	
	12	
Adaçayı ekstraktı	0	1
	3	
	6	
	9	
	12	
	0	2
	3	
	6	
	9	
	12	
Nar Kabuğu Ekstraktı	0	1
	3	
	6	
	9	
	12	
	0	2
	3	
	6	
	9	
	12	
BHT	0	1
	3	
	6	
	9	
	12	
	0	2
	3	
	6	
	9	
	12	

Ekstraktların eldesi

Nar kabuğu

Kurutma işleminde Okumuş *et al.* (2016) tarafından verilen yöntem uygulanmıştır. Nar örneklerinden zedelenmiş, kusurlu ve güneş yanığı bulunan meyveler ayrılmıştır. Çeşme suyu altında yıkanan örnekler kurulandıktan sonra tane ve kabuk kısımları el yardımıyla ayrılmıştır. Ayrılan kabuk ve çekirdek kısımları 72 saat 60±2°C'lik kurutma fırınında kurutulmuştur. Kurutulmuş kısımlar oda sıcaklığına soğutulduktan sonra blender ile öğütülerek ince toz haline getirilmiş, bir elek yardımı ile elenmiş, ekstraksiyona kadar 100'er gramlık paketler halinde yüksek yoğunluklu polietilen torbalarda (HDPE) -18°C'de saklanmıştır. Çıkla Yılmaz *et al.* (2019)'un yöntemine göre elde edilen toz parçaları kesik dipli balonlara 5 g şeklinde tartılmıştır. 5 g örnek için % 80'lik metanol çözeltisi kullanılarak ekstraksiyon yapılmıştır. Her bir örnek için 100 ml çözücü ilave edilip 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. Ardından örnekler süzülerek kalan örneğe tekrar ilave edilip, tekrar su banyosunda bekletilmiştir. Bu işlem toplamda 3 kez yapılmıştır. Örnekler süzülüp, balon içindeki örnek ve filtre üzerindeki örnek için son kez 100 ml çözücü koyularak 1 saat su banyosunda bekletilip süzme işlemi yapılmıştır. Tüm süzme işlemleri 391 nolu filtre kağıdı ile yapılmıştır. Tüm ekstrakt whatman 1 filtre kağıdından süzildükten sonra 60°C'de rotary epeparatörde (Heidolph Laborota 4000) çözücüleri uçurulmuştur. Ardından bir gece 60°C'deki etüvde kapakları açık olarak bekletilip, dondurucuya alınmıştır. Daha sonra liyofilizatörde (Alpha, 1-2 LD plus) kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. 24 saat süren kurutma işlemi sonrası örnekler cam şişelere alınıp parafilmle kaplanarak 4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Adaçayı

Erzurum da yerel bir aktardan alınmış kuru adaçayı yaprakları ev tipi öğütücü ile toz haline getirilmiştir. Çıkla Yılmaz *et al.* (2019)' un yöntemine göre elde edilen toz parçaları kesik dipli balonlara 5 g şeklinde tartılmıştır. 5 g örnek için % 80'lik metanol çözeltisi kullanılarak ekstraksiyon yapılmıştır. Her bir örnek için 100 ml çözücü ilave edilip 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. Ardından örnekler süzülerek kalan örneğe tekrar ilave edilip, tekrar su banyosunda bekletilmiştir. Bu işlem toplamda 3 kez yapılmıştır. Örnekler süzülüp, balon içindeki örnek ve filtre üzerindeki örnek için son kez 100 ml çözücü koyularak 1 saat su banyosunda bekletilip süzme işlemi yapılmıştır. Tüm süzme işlemleri 391 nolu filtre kağıdı ile yapılmıştır. Tüm ekstrakt whatman 1 filtre kağıdından süzildükten sonra 60°C'de rotary epeparatörde (Heidolph Laborota 4000) çözücüleri uçurulmuştur. Ardından bir gece 60°C'de sıcaklıkta ki etüv de kapakları açık olarak bekletilip, dondurucuya alınmıştır. Daha sonra liyofilizatörde (Alpha,1-2 LD plus) kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. 24 saat süren kurutma

işlemi sonrası örnekler cam şişelere alınıp parafilmle kaplandıktan sonra 4 °C’de muhafaza edilmiştir.

DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikali yakalama aktivitesi

0,25 mm DPPH çözeltisi kullanılmıştır. 0,0098 gram DPPH standartından tartılarak 25 ml’ye metanolle tamamlanmıştır. Ekstrakte edilmiş örneklerden 0,05 g alınarak 25 ml’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örneklerden 0,5 ml alınarak cam tüp içerisine ilave edilmiştir. % 70’lik metanol çözeltisi ile hazırlanmış olan DPPH çözeltisinden 3 ml alınarak her bir örnek tamamlanmıştır. Hazırlanmış örnekler 20 dk karanlıkta bekletildikten sonra her bir örneğin absorbansı spektrofotometrede 517 nm’de okunmuştur. Şahit numune için ise sadece DPPH çözeltisi kullanılmıştır (Snachez *et al.* 1998).

İnhibisyon formülü: $[(A_{dpph} - A_{eks.}) \setminus A_{dpph}] \times 100$

Yağ analizleri

Serbest yağ asidi

Serbest yağ asidi tayini için Anonymous (1989) tarafından verilen metot kullanılmıştır. Örnek analiz edilmeden önce iyice karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Homojenize edilen yağ örneklerinden 5 g analiz numunesi tartılmış ve örneğe 50 ml sıcak nötrale etil alkol ilave edilmiştir. Örnekler iyice karıştırıldıktan sonra üzerine 2 ml indikatör çözeltisi (fenolftalein) eklenerek 0,1 N sodyum hidroksit çözeltisiyle pembe renk görülünceye dek titredilmiştir. Serbest yağ asidi miktarı % oleik asit cinsinden hesaplanmıştır.

Peroksit sayısının belirlenmesi

Peroksit sayısı tayini için örnekler homojen hale getirilmiş ve 5 g örnek tartılmıştır. Üzerine 18 ml asetik asit ile 12 ml kloroform çözeltikarışımı eklenmiştir. İyice karıştırıldıktan sonra 0,5 ml doymuş KI çözeltisi ilave edilerek 1 dak. bekletilmiştir. Süre sonunda 30 ml saf sudan eklenerek 0,01 N sodyum tiyosülfatla titrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Titrasyon sonunda renk sarıdan şeffafa döndüğünde 2 ml nişasta çözeltisi eklenerek mavi renk kayboluncaya dek 0,1 N sodyum tiyosülfatla titrasyon işlemi yapılmıştır. Benzer işlemler şahit numune için de uygulanmıştır. Sonuçlar meq O₂/kg yağ olarak belirtilmiştir (Anonymous 1989b).

Özgül soğurma değerlerinin belirlenmesi

Konjuge dien ve trien değerlerinin belirlenmesi için Anonymous (1989c) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Örnekler analiz öncesinde iyice homojenize edilmiş ve filtre kağıdından geçirilmiştir. 25 ml’lik bir balona 0,25 g örnekten tartılarak hekzanla 25 mL’ye

tamamlanmıştır. İyice karıştırılarak homojenize edilen örneklerin farklı dalga boylarındaki (232 ve 274 nm) absorbans değerleri spektrofotometrede okunmuştur.

Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi

Homojen hale getirilen örneklerden 2 g tartılmış ve üzerine 10 ml metanol-su (80:20) karışımı ve birkaç damla Tween-20 ilave edilerek Ultraturrax ile 15000 g'de 1 dakika süreyle karıştırılmıştır. 500 rpm'de 10 dakika santrifujlenen örneklerden süpernatant kısmı başka bir tüpe alınmış ve bu ekstraksiyon işlemi 2 kez daha tekrarlanmıştır. Ekstraksiyonu takiben süpernatant kısmından 1 ml alınmış ve üzerine 1 ml metanol-su karışımı ve 5 ml deiyonize su ilave edilmiştir. Bu seyreltme işleminden sonra 0,5 ml Folin-ciocalteau çözeltisi ve 2 ml sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiştir. Karışım 1,5 ml deiyonize su ile tekrar seyreltildikten sonra 30 saniye süre ile iyice karıştırılmış ve 2 saat süreyle karanlıkta bekletilmiştir. Aynı işlemler ekstrakt olmaksızın şahit numune için de gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan örneklerin spektrofotometrede 765 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar elde edilen absorbans değerleri ve gallik asit kullanılarak hazırlanan kalibrasyon kurvesi dikkate alınarak mg gallik asit/kg yağ olarak verilmiştir (Anonymous 1989).

Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Örneklerin yağ asidi metil esterlerinin hazırlanmasında Metcalfe and Schmitz (1961) tarafından verilen yöntem kullanılmıştır. 0,05 g örnek tartılmış ve üzerine 1,5 ml 2 M NaOH (metanolik) ilave edilmiştir. Tüpler nitrojen gazı altında kapatılmış ve 80°C'lik etüvde 1 saat sabunlaşma reaksiyonu için bekletilmiştir. Örnekler etüvden çıkarılıp soğutulmuş ve üzerine 2 ml BF₃-metanol ilave edilmiştir. Müteakiben tüpler tekrar azot gazı ile muamele edilmiş ve 80°C'lik etüvde 30 dakika daha bekletilmiştir. Soğutma işleminden sonra tüplere 1 ml hekzan ve 1 ml deiyonize su ilave edilmiş ve tüpler iyice karıştırılmıştır. 6000 rpm'de 10 dakikalık santrifujleme işleminden sonra tüplerdeki hekzan tabakası sodyum sülfat içeren yeni tüplere aktarılmıştır. 1 ml hekzan ilavesinden sonra, üstteki hekzan tabakası 2 ml'lik vial aktarılmıştır. Vial azot gazı altında kapatılmış ve analiz edilinceye kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Örneklerin yağ asidi bileşimi gaz kromatografisinde (GC, Agilent Technologies 6890N) FID dedektörü kullanılarak belirlenmiştir.

İstatistik Analizler

Araştırmada antioksidan çeşidi (kontrol, nar ekstraktı, adaçayı ekstraktı ve BHT) ve tekrar sayısı (0,3,6,9,12. kızartma) faktör olarak seçilmiş, denemeler tam şansı bağlı deneme planına göre kurulmuş ve 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sonuçlar IBM SPSS Statistics 20

paket programı ile analize tabi tutulmuş, önemli olarak belirlenen ortalama değerler Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirilmiştir.



ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikali yakalama aktivitesi

Antioksidan ekstraktlara ait % DPPH inhibisyon değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere BHT yasal kullanım sınırı olan 200 mg/kg seviyesine en yakın ekstrakt konsantrasyonu 1000 mg/kg nar kabuğu ve adaçayı ekstraktı içeren grupta belirlenmiştir. Mevcut çalışmada bu nedenle ekstrakt konsantrasyon seviyesi 1000 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. DPPH Değerlendirme Sonuçları

Antioksidan Çeşidi	DPPH İnhibisyonu(%)
Nar kabuğu ekstraktı (1000 mg/kg)	80,84
Adaçayı ekstraktı (1000 mg/kg)	93,63
BHT(200 mg/kg)	84,40

Özgül Soğurma Değerleri

Oksidasyon ile hidroperoksitler oluşmakta oksidasyon ilerledikçe özellikle çoklu doymamış yağ asitlerinin metil gruplarını barındıran kısımlarında geometrik izomerizasyon ile çift bağlar yer değiştirmekte ve yağ asidi konjuge forma dönüşmektedir. Konjuge formdaki bu yapı bazı dalga boylarındaki (232 ve 270 nm) ultraviyole ışınları soğurmaktadır (Weber *et al.* 2008). Birincil oksidasyon ürünlerini gösteren konjuge dienler 232 nm’de, aldehit, keton gibi oksidasyonun ikincil parçalanma ürünleri hakkında bilgi veren konjuge trienler ise 270 nm’de absorbe edilmektedir (Bayrak vd. 2010). Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen K_{232} değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere örnek grupları içerisinde kontrol grubunda K_{232} değerleri 3,507-3,969 arasında değişirken, nar ekstraktı ilaveli grupta bu değer 2,332-3,87, adaçayı ekstraktı ilaveli grupta 2,730-3,913, BHT içeren grupta ise 3,020-4,022 arasında değişiklik göstermiştir. Kızartma tekrar sayısı arttıkça antioksidan ilaveli yağlarda ve kontrol grubunda konjuge dien bileşiklerinin miktarının artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 3. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K₂₃₂ Değerleri

Antioksidan Çeşidi	Tekrar Sayısı	Tekerrür	
		1	2
Kontrol (C)	0	3,633	3,507
		3,676	3,486
	3	3,777	3,757
		3,765	3,772
	6	3,810	3,813
		3,830	3,824
Kontrol (C)	9	3,765	3,914
		3,670	3,883
	12	3,860	3,963
		3,839	3,939
Nar kabuğu ekstraktı (NE)	0	2,232	3,332
		2,806	2,754
	3	2,730	3,602
		2,719	3,600
	6	2,719	3,464
		2,731	2,715
	9	3,181	3,738
		3,154	3,623
	12	3,450	3,870
		3,738	3,578
Adaçayı ekstraktı (AE)	0	2,917	2,730
		3,040	3,327
	3	3,457	3,451
		3,491	3,292
	6	3,762	3,504
		3,760	3,177
	9	3,857	3,777
		3,796	3,594
	12	3,913	3,873
		3,900	3,719
BHT	0	3,020	3,467
		3,072	3,478
	3	3,588	3,682
		3,559	3,658
	6	3,810	3,672
		3,836	3,777
	9	3,910	3,701
		3,921	3,702
	12	4,004	3,883
		4,022	3,857

Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{232} Değerleri ait varyans analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere K_{232} değeri üzerinde tüm varyasyon kaynakları (AC,TS ve AC x TS) çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P<0,01$).

Tablo 4. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{232} Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	1,333	53,215**
Tekrar sayısı (TS)	4	1,062	42,370**
AC x TS	12	0,079	3,145**
Hata	40	0,025	
Genel	80		

**: $p<0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Antioksidan çeşidi ve tekrar sayısı değişkenlerine göre kızartma yağının K_{232} değerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılabileceği üzere kontrol grubu en yüksek ortalama K_{232} değerini ($3,77\pm0,13$) vermiştir. BHT ilave edilmiş ayçiçek yağı grubuna ait ortalama değer kontrol grubuna ait ortalama değerden istatistiki olarak farklılık bulunmamakla ($P>0,05$) birlikte bu grupta 3,68 gibi daha düşük bir sonuç belirlenmiştir. Bu sonuçları sırasıyla adaçayı ($3,52\pm0,35$) ve nar ekstraktı ($3,19\pm0,47$) içeren yağ örneklerinin takip ettiği tespit edilmiştir (Tablo 5). Sonuçlardan da görüldüğü üzere primer oksidasyon ürünlerinin bir ölçüsü olan konjuge dienlerin miktarı kontrol grubunda en yüksek seviyede belirlenirken antioksidan ekstraktı katkılı gruplarda oksidasyon seviyesinin düşüşüne bağlı olarak konjuge dien değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Kızartmada tekrar sayısının artışı ile birlikte örneklerin kızartma öncesinde $3,15\pm0,40$ olarak belirlenen ortalama K_{232} değeri, 12. kızartma sonunda $3,84\pm0,15$ değerine yükselmiştir. Kızartma sayısı arttıkça örneklerin oksidasyon seviyelerinde meydana gelen artışa bağlı olarak genellikle konjuge dien değerlerine ait ortalamalar artmış ancak 3. ve 6. kızartma değerlerine ait ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur (Tablo 5). Uşkun, kinoa ve propolis ekstraktları ve BHT'nin ticari kızartma yağı, fındık yağı, palm olein yağı ve karışımlarına farklı oranlarda ilavesinin tekrarlı kızartma işleminde yağların oksidatif özelliklerine etkilerinin belirlendiği bir çalışmada konjuge dien değerinin 2,74 ile 11,09 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Ceylan 2020). Sarıca (2015) ise kızartma yağına farklı doğal bitki ekstraktları ve sentetik antioksidan ilavesinin 6 saatlik kızartma süresince konjuge dien ve trien değerlerinde 6. saate doğru başlangıç değerlerinde gözle görülür bir artış olduğunu ve bu artışta sıcaklık ve kızartma sayısının etkili olduğunu belirtmiştir. Andrikopoulos *et al.*

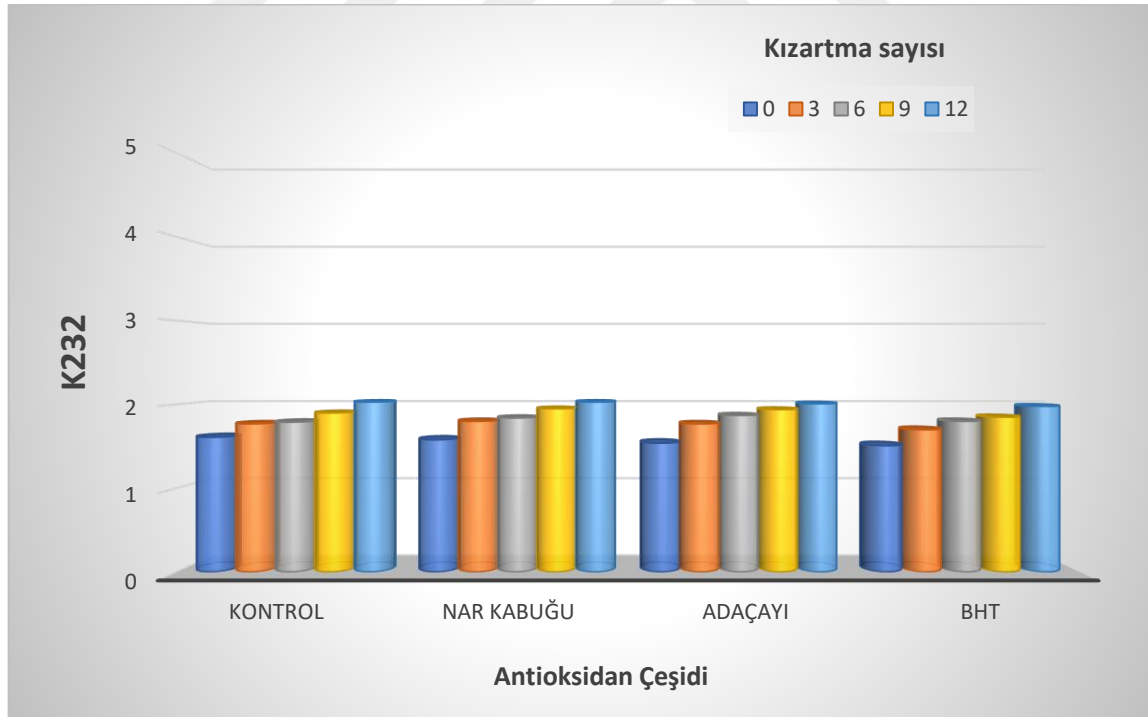
(2002)'da benzer şekilde yaptığı çalışmada sızma zeytinyağında 170°C'de 2 saat boyunca kızartma işleminde konjuge dien değerinin başlangıç değerine göre yükseldiğini belirtmişlerdir.

Tablo 5. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K₂₃₂ Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (Ortalama ± standart sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı	BHT	
	3,77±0,13a	3,19±0,47c	3,52±0,35b	3,68±0,27a	
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	3,15±0,40a	3,49±0,33b	3,51±0,43b	3,70±0,23c	3,84±0,15d

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05).

Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işlemine AC×KS interaksiyonunun etkisi Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılabacağı üzere kızartma öncesi en yüksek K₂₃₂ değeri herhangi bir antioksidan içermeyen kontrol grubunda tespit edilmiştir. Tüm gruplarda kızartma sayısı arttıkça K₂₃₂ değerinde artış gözlemlenmiş ancak BHT ekstraktında bu artış diğer gruplardan düşük seviyelerde gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Farklı Antioksidan Çeşitleri Kullanılarak Gerçekleştirilen Kızartma İşleminde K₂₃₂ Değerine AC×KS İnteraksiyonunun Etkisi

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen konjuge trien (K₂₇₀) değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere örnek grupları içerisinde kontrol, nar kabuğu ekstraktı, adaçayı ekstraktı ve BHT ilaveli ayçiçek

yağı gruplarında K_{270} değerleri sırasıyla 1,140-2,182, 1,429-2,171, 1,442-2,070 ve 1,401-2,124 olarak tespit edilmiştir. Kızartma işleminde tekrar sayısındaki artışa bağlı olarak tüm gruplarda konjuge trien değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Tablo 6. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{270} Değerleri

Antioksidan Çeşidi	Tekrar Sayısı	Tekerrür	
		1	2
Kontrol (K)	0	1,803	1,414
		1,826	1,410
	3	1,904	1,640
		1,868	1,649
	6	1,874	1,693
		1,915	1,678
	9	2,080	1,787
		2,005	1,731
	12	2,174	1,864
		2,182	1,882
Nar kabuğu ekstraktı (NE)	0	1,736	1,429
		1,699	1,440
	3	1,886	1,678
		1,933	1,700
	6	1,980	1,740
		1,886	1,755
	9	2,110	1,844
		2,029	1,805
	12	2,162	1,875
		2,171	1,896
Adaçayı ekstraktı (AE)	0	1,622	1,475
		1,610	1,442
	3	1,781	1,781
		1,792	1,728
	6	1,964	1,820
		1,876	1,818
	9	2,022	1,874
		1,972	1,885
	12	2,070	1,885
		2,066	2,025
BHT	0	1,610	1,401
		1,627	1,401
	3	1,764	1,633
		1,771	1,638
	6	1,930	1,634
		1,957	1,670
	9	1,956	1,687
		2,034	1,733
	12	2,119	1,831
		2,124	1,831

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen K_{270} değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere konjuge dien değerlerine benzer şekilde antioksidan çeşidi, tekrar sayısı ve AC×TS interaksyonu örneklerin K_{270} değerleri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etkiye sahiptir.

Tablo 7. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{270} Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	0,019	5,870**
Tekrar sayısı (TS)	4	0,462	142,172**
AC x TS	12	0,03	0,849**
Hata	40	0,03	
Genel	80		

** $p<0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen K_{270} değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Sonuçlara göre nar kabuğu ekstraktı içeren gruplara ait ortalama değer $1,84\pm0,20$ olarak en yüksek seviyede belirlenmiş ancak bu değer istatistiki olarak kontrol grubu ve adaçayı ekstraktı grubu sonuçlarından farklıdır ($P>0,05$). BHT içeren kızartma yağı grubunda ise ortalama K_{270} değeri $1,77\pm0,21$ ile en düşük seviyede belirlenmiştir. Aydın (2018) turuncgil kabuğu (mandalina, limon, portakal) ekstraktı içeren ayçiçek yağlarında 3 kez patates kızartma işlemi yaptıkları çalışmalarında en düşük değeri kızartma öncesi kontrol grubu, BHT, portakal ve limon (0,1) alırken, en yüksek değeri 3. kızartma sonucunda kontrol ve mandalina (0,12) almıştır. Konu ile ilgili bir diğer çalışmada propolis ve BHT katkılı yağda konjuge trien (0,84) ile en düşük değerini, en yüksek değerini ise (5,65) antioksidan ilavesiz fındık yağında belirlenmiştir (Ceylan 2020).

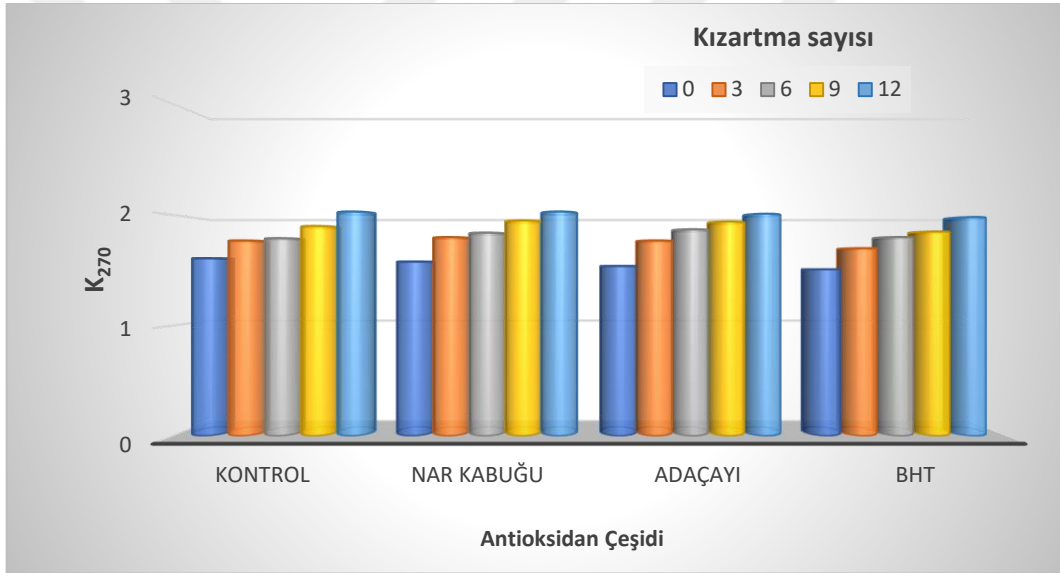
Bir diğer önemli varyasyon kaynağı olan kızartma tekrar sayısı arttıkça K_{270} değeri artmış, kızartma öncesinde $1,56\pm0,15$ olarak belirlenen bu değer 12. kızartma sonunda $2,01\pm0,14$ olarak tespit edilmiştir. Quiles *et al.* (2002), derin yağda kızartma boyunca yağda meydana gelen konjuge dien ve trien değerlerinin kızartma boyunca doğrusal bir şekilde arttığını ifade etmişlerdir. Ceylan (2020) antioksidan katkılı yağlarda kızartma işleminde konjuge trien miktarının kızartma sayısı arttıkça arttığını ve K_{270} değerinin 1,07 ile 5,65 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Tablo 8. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen K_{270} Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı		BHT
	1,82±0,21a	1,84±0,20a	1,83±0,18a		1,77±0,21b
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	1,56±0,15a	1,76±0,10b	1,82±0,12c	1,91±0,13d	2,01±0,14e

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde K_{270} değerine AC $\times$ KS interaksiyonunun etkisi Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere kontrol grubunda başlangıç konjuge trien değeri diğer üç gruba göre daha yüksek bir değer vermiş olup, en düşük değerler BHT ilaveli grupta tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde K_{270} değerine AC $\times$ KS interaksiyonunun etkisi

Serbest yağ asidi miktarı (% Oleik asit)

Yağlarda meydana gelen en önemli bozulma reaksiyonlarından biri hidrolizdir. Bu reaksiyonda trigliseritler parçalanarak serbest yağ asidi ve gliserol meydana gelmektedir. (Nawar 1969; Choe ve Min 2007). Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen serbest yağ asidi miktarları (% oleik asit) Tablo 9'da verilmiştir. Serbest yağ asidi değerleri tüm gruplarda 0,141 ile 0,275 arasında değişiklik göstermiştir. Rafine yağlarda serbest yağ asidi miktarı maksimum 0,3 olmalıdır (Anonim 2012). Örnek gruplarının hiç birinde bu sınır değeri aşılmamıştır.

Tablo 9. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Serbest Yağ Asidi Miktarları (% oleik asit)

Antioksidan Çeşidi	Tekrar Sayısı	Tekerrür	
		1	2
Kontrol (K)	0	0,172	0,230
		0,185	0,212
	3	0,231	0,252
		0,234	0,186
	6	0,252	0,199
		0,261	0,203
	9	0,265	0,212
		0,274	0,208
	12	0,265	0,216
		0,265	0,208
Nar kabuğu ekstraktı (NE)	0	0,141	0,164
		0,150	0,164
	3	0,146	0,177
		0,150	0,172
	6	0,145	0,190
		0,150	0,181
	9	0,168	0,239
		0,164	0,212
	12	0,172	0,239
		0,176	0,243
Adaçayı ekstraktı (AE)	0	0,199	0,146
		0,199	0,146
	3	0,199	0,172
		0,203	0,168
	6	0,199	0,186
		0,207	0,190
	9	0,230	0,199
		0,208	0,203
	12	0,212	0,212
		0,217	0,212
BHT	0	0,141	0,150
		0,154	0,150
	3	0,159	0,176
		0,163	0,150
	6	0,185	0,177
		0,194	0,172
	9	0,203	0,190
		0,216	0,181
	12	0,239	0,212
		0,239	0,208

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen serbest yağ asidi miktarına (% oleik asit) ait varyans analiz sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Bu sonuçlardan da görüleceği üzere antioksidan çeşidi ve tekrar sayısı faktörü örneklerin serbest yağ asidi miktarı üzerinde çok önemli ($P<0,01$), antioksidan çeşidi x tekrar sayısı interaksyonu ise önemli seviyede ($P<0,05$) etki göstermiştir.

Tablo 10. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Serbest Yağ Asidi Miktarına (% oleik asit) Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	0,009	93,202**
Tekrar sayısı (TS)	4	0,007	68,574**
AC x TS	12	0,000	2,943*
Hata	40	0,000	
Genel	80		

** : $p<0,01$, * : $p<0,05$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

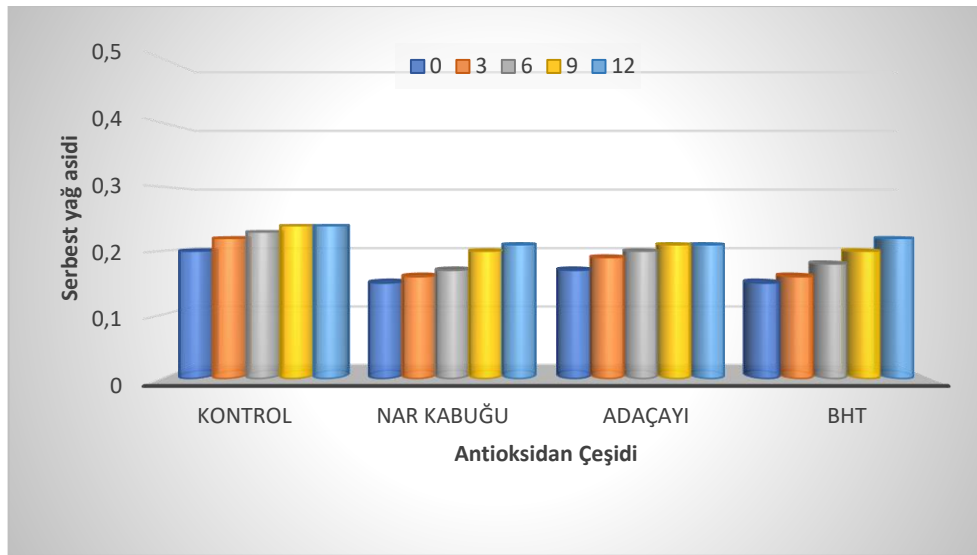
Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen serbest yağ asidi miktarına (% oleik asit) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 11'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere örnek grupları içerisinde en düşük değeri $0,18\pm0,03$ ile BHT ve nar kabuğu ekstraktı içeren gruplar verirken, bu iki değer istatistiki olarak birbirinden farksız bulunmuştur ($P>0,05$). En yüksek ortalama değer ise $0,23\pm0,03$ ile antioksidan içermeyen kontrol grubunda belirlenmiştir. Serbest yağ asidi içeriği kızartma başlangıcında $0,17\pm0,03$ olarak belirlenirken bu değer kızartma sayısı arttıkça artmış ve 12. kızartma sonunda $0,22\pm0,03$ olarak saptanmıştır (Tablo 11).

Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde serbest yağ aside değerine AC×KS interaksyonunun etkisi Şekil 4'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere tüm gruplarda kızartma öncesi ve sonrası en yüksek serbest yağ asidi değeri kontrol grubunda belirlenmiştir. BHT ve nar kabuğu ekstraktında kızartma süresince serbest yağ aside miktarındaki değişim benzer artış göstermiştir.

Tablo 11. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Serbest Yağ Asidi Miktarına (% oleik asit) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı	BHT	
	$0,23\pm0,03c$	$0,18\pm0,03a$	$0,20\pm0,02b$	$0,18\pm0,03a$	
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	$0,17\pm0,03a$	$0,18\pm0,03ab$	$0,19\pm0,03b$	$0,21\pm0,03c$	$0,22\pm0,03c$

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır ($p>0,05$).



Şekil 4. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde serbest yağ asidi miktarı AC×KS interaksiyonunun etkisi

Peroksit sayısı

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen peroksit sayısı değerleri (meq O₂/kg) Tablo 12’de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere örneklerin peroksit değerleri kontrol grubunda 0,87-2,83 meq O₂/kg, nar kabuğu ekstraktında 1,09-2,61 arasında meq O₂/kg, adaçayı ekstraktında 0,65-2,61 meq O₂/kg ve BHT grubunda ise 0,65-2,40 arasında belirlenmiştir. Kızartma sayısı arttıkça örneklerin peroksit değerinin arttığı tespit edilmiştir (Tablo 12). Kızartma sayısındaki artışa bağlı olarak peroksit sayısındaki değişimin yağın kızartma sayısı arttıkça oksidatif stabilitesinin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 12. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Peroksit Sayıları (meq O₂/kg)

Antioksidan Çeşidi	Tekrar Sayısı	Tekerrür	
		1	2
Kontrol (K)	0	0,87	1,52
		0,87	1,52
	3	1,31	1,74
		1,52	1,74
	6	1,74	2,18
		1,96	1,96
	9	2,38	2,17
		2,61	2,17
	12	2,83	2,40
		2,83	2,61

Tablo 12. (Devamı)

Nar kabuğu ekstraktı (NE)	0	1,31	1,96
		1,09	1,40
	3	1,52	1,31
		1,31	1,31
	6	1,31	1,52
		1,31	1,74
	9	1,74	1,96
		1,53	2,18
	12	1,96	2,40
		1,96	2,61
Adaçayı ekstraktı (AE)	0	0,65	0,80
		0,87	0,81
	3	1,09	1,52
		1,09	1,52
	6	1,31	1,52
		1,52	1,74
	9	1,96	2,18
		2,18	1,96
	12	2,40	2,40
		2,61	2,61
BHT	0	0,65	1,96
		0,65	1,18
	3	0,87	1,74
		0,87	1,52
	6	1,31	1,74
		1,31	1,52
	9	1,52	1,96
		1,74	1,96
	12	2,18	2,18
		2,40	2,40

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen peroksit sayısına (meq O₂/kg) ait varyans analiz sonuçları Tablo 13'te verilmiştir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere ana varyasyon kaynaklarının tümü yağların peroksit sayısı üzerinde çok önemli etkiye sahip olarak belirlenmiştir (P<0,01).

Tablo 13. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Peroksit Sayısına (meq O₂/kg) ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	0,514	22,315**
Tekrar sayısı (TS)	4	4,040	175,349**
AC x TS	12	0,166	7,185**
Hata	40	0,023	
Genel	80		

** : p<0,01 seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Antioksidan çeşidi değişkeninin kızartma yağının peroksit sayısına (meq O₂/kg) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 14’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kızartma işleminde peroksit sayısına ait ortalamalar içerisinde BHT içeren grup en düşük ortalama değeri vermiştir. Ancak bu değer adaçayı ve nar kabuğu ekstraktı içeren gruptan istatistiki olarak farklılık arz etmemiştir (P>0,05). Kontrol grubu diğer gruplara göre daha yüksek bir peroksit değeri vermiştir. Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada yağlara Arabica kahvesi, hurma çekirdeği kahvesi, menengiç kahvesi, BHT ve bentonit ilave edilmiş ve örneklerde peroksit değerinin 7,30 meq O₂/kg ile 14,05 meq O₂/kg arasında değiştiği ve mevcut çalışmaya benzer şekilde en düşük değeri kontrol yağlarının aldığı, en yüksek değeri ise bentonit ilave edilen yağların aldığı belirtilmiştir (İstanbul 2020). Ceylan (2020) ise kızartmada kullanılan doğal ekstraktların peroksit oluşumuna karşı antioksidan etkilerinin sırasıyla propolis>kinoa>uşkun şeklinde olduğunu ifade etmiştir.

Kızartma tekrar sayısı arttıkça ayçiçek yağı örneklerinin peroksit sayısı artmış başlangıçta 1,18 meq O₂/kg olarak belirlenen değer, 12. kızartma sonunda 2,42 meq O₂/kg olarak tespit edilmiştir. Bu durumun antioksidan olarak kullanılan bileşiklerin kızartmanın ilerlemesi ile antioksidan aktivitelerinde düşüş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Che Man ve Tan (1999) yaptıkları bir çalışmada, palm olein yağına BHT, BHA, adaçayı ekstraktı ve biberiye ekstraktı ilave ederek bir hafta boyunca günde 3.5 saat patates kızartması yapmış ve ilk 4 gün boyunca peroksit değerlerinde düzgün bir artış olduğunu ve 5. günden itibaren peroksit değerlerinde azalma görüldüğünü belirtmişlerdir. Rafine edilmiş palm olein yağına farklı ekstraktlar ilave ederek 5 gün taze yağ ilave edilmeksizin patates kızartması yapılan bir diğer çalışmada yağın peroksit değerinin başlangıçtan itibaren düzenli olarak arttığı tespit edilmiştir (Jaswir *et al.* 2000).

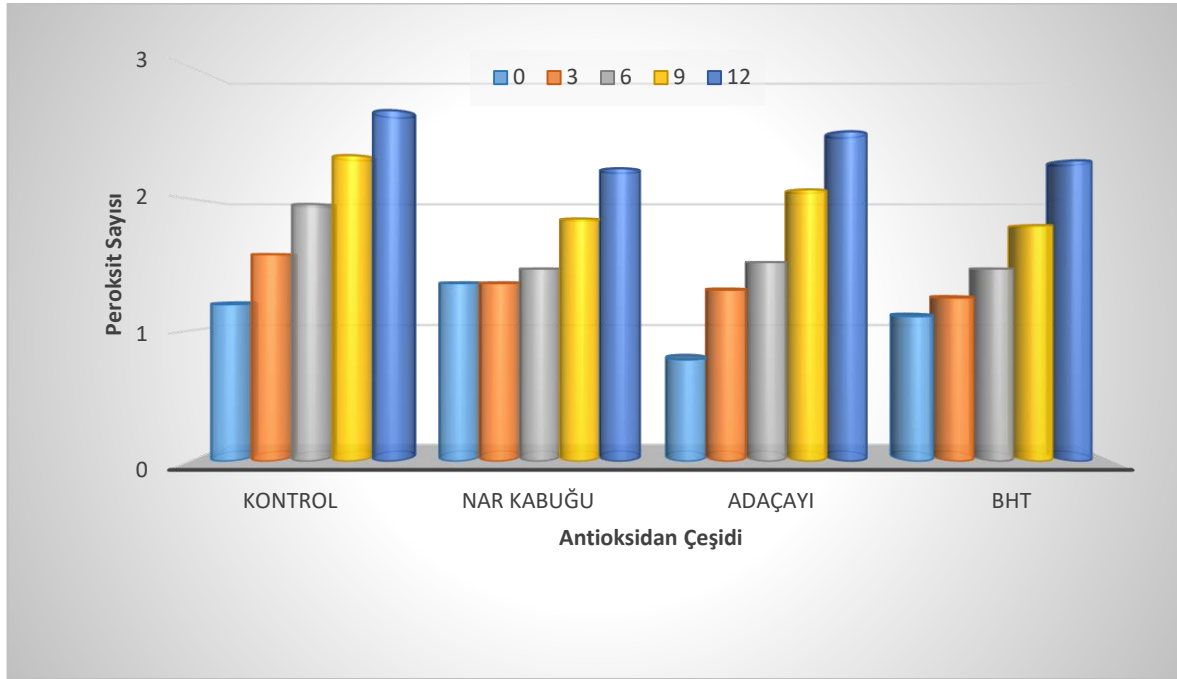
Tablo 14. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Peroksit Sayısına (meq O₂/kg) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama ± standart sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı	BHT	
	1,95±0,58a	1,71±0,46b	1,64±0,63b	1,58±0,54b	
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	1,18±0,54a	1,37±0,28b	1,61±0,27c	2,01±0,0,29d	2,42±0,26e

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05).

Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde peroksit sayısına AC×KS interaksiyonunun etkisi Şekil 5’te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere

peroksit sayısı tüm gruplarda kızartma sayısı arttıkça artmış ancak 12. kızartma sonunda en yüksek peroksit değeri kontrol grubunda belirlenmiş bunu sırasıyla adaçayı, BHT ve nar kabuğu ekstraktı içeren gruplar takip etmiştir.



Şekil 5. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde peroksit sayısına AC×KS interaksiyonunun etkisi

Toplam fenol miktarı

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen toplam fenol miktarları Tablo 15’te verilmiştir. Sonuçlara göre kontrol, nar kabuğu ekstraktı, adaçayı ekstraktı ve BHT içeren gruplarda toplam fenol miktarları sırasıyla 93,43-102,77, 90,43-113,43, 98,10-119,43 ve 91,10-103,43 mg/ml olarak tespit edilmiştir. Sonuçlardan da görüleceği üzere en yüksek değerler nar kabuğu ekstraktı ve adaçayı ekstraktı içeren gruplarda tespit edilmiştir.

Tablo 15. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Toplam Fenol Miktarları

Antioksidan Çeşidi	Tekrar Sayısı	Tekerrür	
		1	2
Kontrol (K)	0	101,77	97,43
		101,10	97,77
	3	97,77	93,77
		98,40	96,77
	6	98,10	94,43
		95,77	95,10
	9	102,77	93,77
		96,77	94,77
	12	94,77	93,77
		95,43	93,43
Nar kabuğu ekstraktı (NE)	0	113,43	97,10
		112,10	99,10
	3	113,43	95,10
		102,43	96,43
	6	106,43	94,77
		99,77	95,10
	9	106,77	94,10
		98,43	93,10
	12	100,43	92,43
		98,43	90,43
Adaçayı ekstraktı (AE)	0	114,43	119,43
		107,43	118,10
	3	105,77	108,77
		104,10	109,77
	6	103,10	102,10
		106,77	103,77
	9	101,10	101,43
		106,10	99,43
	12	99,43	99,10
		104,10	98,10
BHT	0	103,43	98,43
		99,77	96,43
	3	100,77	93,77
		99,77	94,77
	6	103,10	91,10
		101,10	93,77
	9	99,43	92,77
		100,43	92,77
	12	95,77	91,10
		96,10	89,43

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen toplam fenol miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 16’da verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere antioksidan çeşidi ve tekrar sayısı varyasyon kaynakları örneklerin toplam fenolik madde içeriği üzerinde oldukça önemli etkiye sahiptir ($P<0,01$). Ana varyasyon kaynaklarından AC x TS interaksyonu ise ayçiçek yağı örneklerinin toplam fenolik madde içeriği üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Toplam Fenol Miktarlarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	354,453	61,378**
Tekrar sayısı (TS)	4	180,197	31,203**
AC x TS	12	15,623	2,705
Hata	40	5,775	
Genel	80		

** $p<0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen toplam fenol miktarlarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 17’de verilmiştir. Sonuçlardan da görüleceği üzere toplam fenolik madde içeriği en yüksek olan grup 105,62 mg GAE/kg ile adaçayı ekstraktı içeren grupta belirlenmiştir. Kontrol ve BHT içeren ayçiçek yağı gruplarında değerler sırasıyla 96,69 ve 96,70 mg GAE/kg olarak belirlenmiş fakat bu sonuçlar istatistiki olarak birbirinden farksız bulunmuştur ($P>0,05$). Nar kabuğu ekstraktı içeren grupta 99,96 mg GAE/kg ile adaçayından sonra ikinci en yüksek değer olarak belirlenmiştir (Tablo 17). Ceylan (2020) doğal ekstraktların toplam fenolik madde miktarlarını propoliste 2494,66 mg GAE/kg, uşkunda 1284,97 mg GAE/kg ve kinoada $220,08\pm20,99$ mg GAE/kg olarak tespit etmiştir. Özdemir (2013) ise nar kabuğu ekstraktının toplam fenolik madde içeriğini 136667 mg GAE/kg ekstrakt) olarak belirlemiştir. Çeşitli turunçgil kabuklarının ayçiçek yağına eklendiği bir diğer çalışmada ise turunçgil kabuğu içeren gruplarda fenolik madde miktarının 8,05 – 15,75 mg GAE/L yağ aralığında değiştiği, kontrol grubunda bu değer 7,82 mg GAE/L yağ, BHT içeren grupta ise 16,27 mg GAE/L yağ olduğu bildirilmiştir (Aydın 2018). Kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin toplam fenol içeriği başlangıçta 104,83 mg GAE/kg olarak belirlenirken bu değer 12. kızartma sonucunda 95,76 mg GAE/kg olarak belirlenmiştir.

Tablo 17. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Toplam Fenol Miktarlarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı	BHT	
	96,69 $\pm$ 2,75a	99,96 $\pm$ 7,01b	105,62 $\pm$ 6,05c	96,70 $\pm$ 4,20a	
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	104,83 $\pm$ 8,06d	100,72 $\pm$ 6,11c	99,02 $\pm$ 4,88bc	98,37 $\pm$ 4,61b	95,76 $\pm$ 4,00a

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05).

Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen yağ asidi kompozisyonu sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere kızartma yağ örneklerinin yağ aside kompozisyonunda doymuş yağ asitlerinden palmitik (C16:0) ve stearik asit (C18:0), doymamış yağ asitlerinden ise palmitoleik (C16:1), oleik (C18:1n9c) ve linoleik asit (C18:2n6c) belirlenmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Yağ Asidi Kompozisyonu Sonuçları (%)

Antioksidan	Kızartma tekrar sayısı	C16:0 (Palmitik asit)		C16:1 (Palmitoleik asit)		C18:0 (Stearik asit)		C18:1n9c (Oleik asit)		C18:2n6c (Linoleik asit)	
		1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür
		1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür	1. tekerrür	2. tekerrür
Kontrol	0	7,20	6,94	0,02	0,02	2,44	2,68	26,13	23,32	64,28	67,05
		7,22	7,37	0,01	0,02	2,50	3,00	26,24	24,21	64,02	65,40
	3	7,90	8,00	0,02	0,02	1,90	3,17	26,7	24,59	62,90	64,23
		8,45	8,15	0,02	0,02	1,90	3,28	26,9	24,86	62,80	63,70
	6	8,70	8,75	0,02	0,01	2,83	3,34	27,41	25,18	61,11	62,73
		8,70	8,64	0,02	0,01	2,83	3,21	27,41	24,91	61,11	63,23
	9	9,50	9,60	0,02	0,01	2,90	3,13	27,77	25,33	59,90	61,93
		9,11	9,20	0,02	0,01	2,80	3,21	27,40	25,30	60,81	62,32
	12	10,5	10,51	0,04	0,02	4,51	3,55	26,34	25,80	58,63	60,12
		10,8	10,48	0,01	0,01	7,31	3,04	24,00	25,84	57,93	60,62
Nar kabuğu ekstraktı	0	7,64	7,16	0,02	0,02	2,79	3,26	26,46	24,93	63,08	64,84
		7,61	7,29	0,06	0,02	2,76	2,99	26,59	24,25	62,97	65,72
	3	7,84	8,11	0,02	0,02	2,52	3,41	26,18	23,77	63,44	65,24
		7,93	8,23	0,02	0,02	2,58	3,29	26,41	23,64	63,06	65,22
	6	8,85	8,34	0,03	0,02	2,69	3,13	26,97	24,78	61,45	63,73
		8,65	8,04	0,04	0,02	2,65	2,61	26,60	24,18	62,07	65,15

Tablo 18. (Devamı)

Adaçayı ekstraktı	9	9,84	8,81	0,02	0,02	2,93	2,95	27,26	23,77	59,95	64,46
		10,33	8,19	0,03	0,02	3,43	2,88	26,67	23,89	59,55	65,02
	12	11,58	9,66	0,02	0,01	5,28	3,29	24,98	25,79	58,13	61,25
		11,4	9,6	0,06	0,02	3,81	2,86	26,97	24,40	58,49	63,11
	0	8,33	7,18	0,02	0,02	4,61	2,95	26,50	24,06	60,54	65,80
		7,96	7,18	0,00	0,02	5,39	2,95	24,82	24,06	61,74	65,80
	3	8,81	7,42	0,07	0,02	2,9	2,75	27,26	23,86	61,00	65,96
		7,2	7,97	0,02	0,02	2,1	3,22	25,17	24,11	65,51	64,68
	6	9,25	8,71	0,01	0,02	5,22	3,4	25,60	25,44	59,93	62,43
		8,82	8,51	0,01	0,02	4,4	3,34	24,82	25,34	61,97	62,80
	9	10,5	9,01	0,04	0,02	4,51	3,33	26,34	25,55	58,63	61,99
		10,8	9,19	0,01	0,02	7,31	3,41	24,00	25,69	57,93	61,68
	12	10,3	9,17	0,01	0,02	4,00	2,73	27,21	24,68	58,55	63,39
		9,7	9,17	0,01	0,02	2,7	2,73	27,44	24,68	60,20	63,39
	0	7,9	7,66	0,02	0,01	2,84	3,32	26,80	24,54	62,50	64,46
		6,72	7,64	0,02	0,02	2,23	3,26	25,43	24,60	65,70	64,49
	3	8,74	7,65	0,01	0,01	3,13	3,06	26,00	24,79	62,14	64,48
		8,2	7,9	0,01	0,02	2,6	3,11	27,30	24,86	60,02	64,11
	6	9,3	8,66	0,01	0,02	1,61	3,3	27,00	25,16	62,14	62,87
		9,04	8,92	0,01	0,01	3,29	3,39	27,12	24,30	60,55	63,37
	9	10,42	9,48	0,01	0,01	4,00	3,42	27,30	25,70	58,28	61,38
		10,54	9,33	0,01	0,02	4,00	3,28	27,25	25,61	58,28	61,77
	12	12,57	10,34	0,01	0,02	4,60	3,43	26,70	25,82	56,21	60,39
		11,5	10,28	0,02	0,01	3,25	3,47	27,50	26,10	57,80	60,12

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen palmitic asit sonuçlarına (%) ait varyans analiz sonuçları Tablo 19’da verilmiştir. Tüm faktörler ve antioksidan çeşidi x tekrar sayısı interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak çok önemli seviyede ($P<0,01$) etki göstermiştir.

Tablo 19. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Palmitik Asit Sonuçlarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	0,699	6,529**
Tekrar sayısı (TS)	4	23,581	220,319**
AC x TS	12	0,475	4,440**
Hata	40	0,107	
Genel	80		

** $p<0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

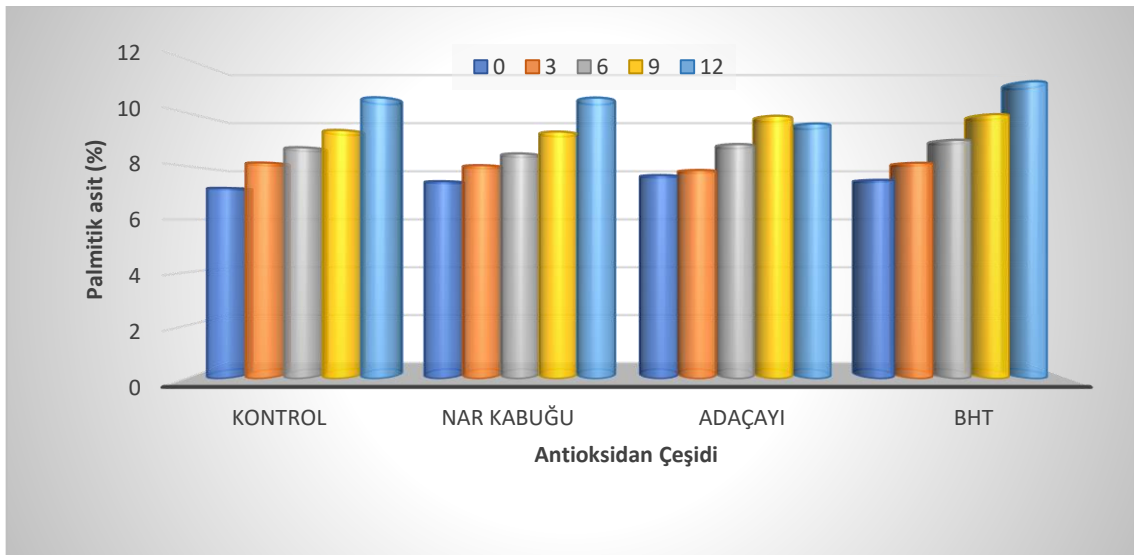
Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen palmitik asit sonuçlarına (%) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 20’de verilmiştir. Palmitik asit (%) değerine antioksidan çeşidinin etkisi incelendiğinde en yüksek ortalama değer (% 9,14±1,46) BHT içeren gruplarda belirlenmiş, kontrol, nar kabuğu ekstraktı ve adaçayı ekstraktı içeren gruplarda ise bu değer sırasıyla % 8,79±1,18, % 8,76±1,27 ve % 8,76±1,08 olarak tespit edilmiş ancak bu üç grup arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz olarak bulunmuştur. Kızartma tekrar sayısı açısından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Kızartma başlangıcında % 7,44 olarak belirlenen ortalama palmitik asit değeri, kızartma süresi arttıkça artış ve 12. kızartmada % 10,47’ye ulaşmıştır (Tablo 20). Ceylan (2020) mevcut çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde kızartma öncesinde palmitik yağ asit miktarının (C16:0) 0,31-30,93 arasında değiştiğini, 12. kızartma sonrasında ise bu değer yükselerek 0,62 ile 31,7 arasında değiştiğini belirlemiştir. Aydın (2018) tarafından yapılan çalışmada da ayçiçek yağının kızartma süresince palmitik asit içeriğinin %6,38’den %6,72’e yükseldiği belirtilmiştir. Romero *et al.* (2000) tarafından da 20 kızartma işlemi sonunda ayçiçek yağında palmitik ve oleik asit miktarlarının arttığı, linoleik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 20. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Palmitik Asit Sonuçlarına (%) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (Ortalama ± Standart Sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı		BHT
	8,79±1,18a	8,76±1,27a	8,76±1,08a		9,14±1,46b
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	7,44±0,41a	8,03±0,42b	8,74±0,31c	9,62±0,73d	10,47±0,94e

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05).

Palmitik asit miktarı üzerinde çok önemli (P<0,01) etkisi saptanan AC x TS etkileşimini Şekil 6’da verilmiştir. Sonuçlara göre, tüm gruplarda ortalama palmitik asit miktarı (%) kızartma öncesinden 12. kızartmaya kadar artış göstermiştir. 12. Kızartma sonunda palmitik asit miktarı en yüksek ortalama değeri BHT içeren yağ gruplarında belirlenmiştir. En düşük ortalama değer ise adaçayı ekstraktı ilave edildiği durumda tespit edilmiştir.



Şekil 6. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde palmitik asit miktarına (%) AC×KS interaksiyonunun etkisi

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen palmitoleik asit miktarına (%) ait varyans analiz sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere varyasyon kaynaklarından hiçbirine ait ortalama palmitoleik asit (%) verileri istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0,05$)(Tablo 21).

Tablo 21. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Palmitoleik Asit Miktarına (%) Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	0,000	1,150
Tekrar sayısı (TS)	4	0,256	0,904
AC x TS	12	0,000	0,791
Hata	40	0,000	
Genel	80		

**: $p<0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen stearik asit miktarına (%) ait varyans analiz sonuçları Tablo 22’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre antioksidan çeşidi, tekrar sayısı ve AC x TS interaksiyonu örneklerin stearik miktarı (%) üzerinde çok önemli seviyede ($P<0,01$) etkide bulunmuştur.

Tablo 22. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Stearik Asit Miktarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	1,440	4,081**
Tekrar sayısı (TS)	4	2,418	6,852**
AC x TS	12	1,372	3,888**
Hata	40	0,000	
Genel	80		

** $p < 0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen stearik asit miktarına (%) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 23'te verilmiştir. Sonuçlardan da görüleceği üzere antioksidan çeşidine bağlı olarak en yüksek ortalama stearik asit (%) miktarı % 3,70 ile adaçayı ekstraktı içeren grupta belirlenmiştir. En düşük ortalama stearik asit miktarı ise % 3,11 ile nar kabuğu ekstraktı içeren grupta belirlenmiş ancak bu sonuç kontrol grubu ve BHT içeren gruptan istatistiki açıdan bir farklılık göstermemiştir ($P > 0,05$). (Tablo 23) Örneklerin kızartma öncesinde ortalama stearik asit miktarı % 3,12 olarak belirlenirken 3. kızartmadan sonra artış göstererek 12. kızartmada % 3,79 olarak belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada Enríquez- Fernández *et al.* (2011) karışım yağda ve palm olein yağında sırasıyla kızartma sonrasında stearik asit miktarı % 3,11 ve % 4,39 olarak tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada stearik asitin kızartma öncesi 0,37-7,95 iken 12. kızartma sonrasında 0,53-7,95 olduğu tespit edilmiştir (Ceylan 2020).

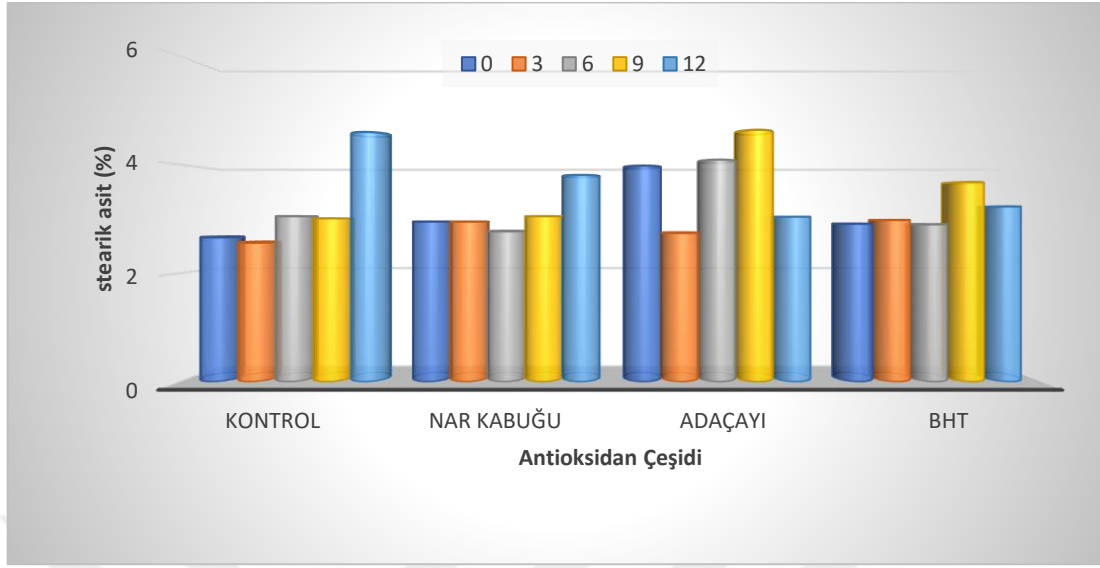
Tablo 23. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Stearik Asit Miktarına (%) ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (Ortalama $\pm$ Standart Sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı	BHT	
	3,18 $\pm$ 1,13a	3,11 $\pm$ 0,61a	3,70 $\pm$ 1,24b	3,23 $\pm$ 0,63a	
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	3,12 $\pm$ 0,80a	2,81 $\pm$ 0,50a	3,20 $\pm$ 0,79ab	3,59 $\pm$ 1,10bc	3,79 $\pm$ 1,20c

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p > 0,05$).

Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde stearik asit miktarına (%) ACxKS interaksiyonunun etkisi Şekil 7'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere stearik asit miktarı kızartma öncesinde en yüksek değerini, ada çayı ekstraktı içeren örneklerde almıştır. En düşük stearik asit miktarı (%) ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Genel

olarak kontrol, nar kabuğu ve BHT içeren örneklerde stearik asit miktarı 12. kızartmada başlangıç değerinden daha yüksek bir sonuca ulaşmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde stearik asit miktarına (%) AC×KS interaksiyonunun etkisi

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen oleik asit miktarına (%) ait varyans analiz sonuçları Tablo 24’te verilmiştir. Ayçiçek yağında önemli doymamış bir yağ asitlerinden olan oleik asit miktarı üzerinde antioksidan çeşidi ve tekrar sayısı faktörleri çok önemli seviyede ($P<0,01$) etki göstermişken, AC x TS interaksiyonunun oleik asit miktarı üzerinde istatistiki olarak herhangi bir etkisi belirlenmemiştir ($P>0,05$) (Tablo 25).

Tablo 24. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Oleik Asit Miktarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	1,913	4,725**
Tekrar sayısı (TS)	4	1,704	4,209**
AC x TS	12	0,556	1,375
Hata	40	0,405	
Genel	80		

**: $p<0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen oleik asit miktarına (%) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 25’de verilmiştir. Kullanılan antioksidan çeşidine bağlı olarak örnekler arasında bazı farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek ortalama oleik asit miktarı % 25,99 ile BHT içeren grupta belirlenirken, bu değer kontrol grubundan (% 25,78) istatistiki olarak farksız ($P>0,05$)

bulunmuştur. En düşük ortalama C18:1n9c miktarı ise adaçayı ekstraktı içeren grupta belirlenmiştir (Tablo 25). Araştırmada kızartma sayısı arttıkça oleik asit miktarında (%) artmış, kızartma öncesinde % 25,18 olan ortalama miktarın 3. kızartmadan sonra artarak 9. kızartmada % 25,93'e ulaşmış ve 12. kızartmada da bu değere çok yakın bir değer (% 25,99) tespit edilmiştir. Kızartma işleminde yağ asidi kompozisyonundaki değişimin belirlendiği bir çalışmada Ceylan (2020), oleik asit miktarının başlangıçta 2,22-64,90 arasında değiştiği, 12. kızartma sonrasında bu değer 2,86-63,95 olduğu belirtilmiştir. Mevcut çalışmaya benzer sonuçlar elde edilen bir çalışmada kızartma işleminde oleik asit miktarının % 28,47'den % 35,96'ya arttığı belirtilmiştir (Aydın 2018). Aynı şekilde kızartma işlemi süresince biberiye içeren ve içermeyen yağlarda oleik asit miktarının arttığı rapor edilmiştir (Yıldırım 2017). Buna karşın bir diğer çalışmada kızartmada kullanılan yağ örneği ile taze yağ örneği kıyaslandığında oleik asit oranında % 28 azalma olduğu rapor edilmiştir (McNeill *et al.* 1986).

Tablo 25. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Oleik Asit Miktarına (%) ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (Ortalama $\pm$ Standart Sapma)

Faktör			
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı
	25,78 $\pm$ 1,26bc	25,42 $\pm$ 1,28ab	25,33 $\pm$ 1,13a
Tekrar sayısı	0	3	6
	25,18 $\pm$ 1,12a	25,40 $\pm$ 1,28ab	25,76 $\pm$ 1,13b

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen linoleik asit miktarına (%) ait varyans analiz sonuçları Tablo 26'de verilmiştir. Bu sonuçlardan da görüleceği üzere tüm varyasyon kaynakları kızartma yağlarının linoleik asit miktarı (%) üzerinde çok önemli seviyede etkili olmuştur ($P<0,01$).

Tablo 26. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Linoleik Asit Miktarına (%) ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Antioksidan çeşidi (AC)	3	5,174	6,480**
Tekrar sayısı (TS)	4	54,062	67,710**
AC x TS	12	2,723	3,410**
Hata	40	0,798	
Genel	80		

** $p<0,01$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

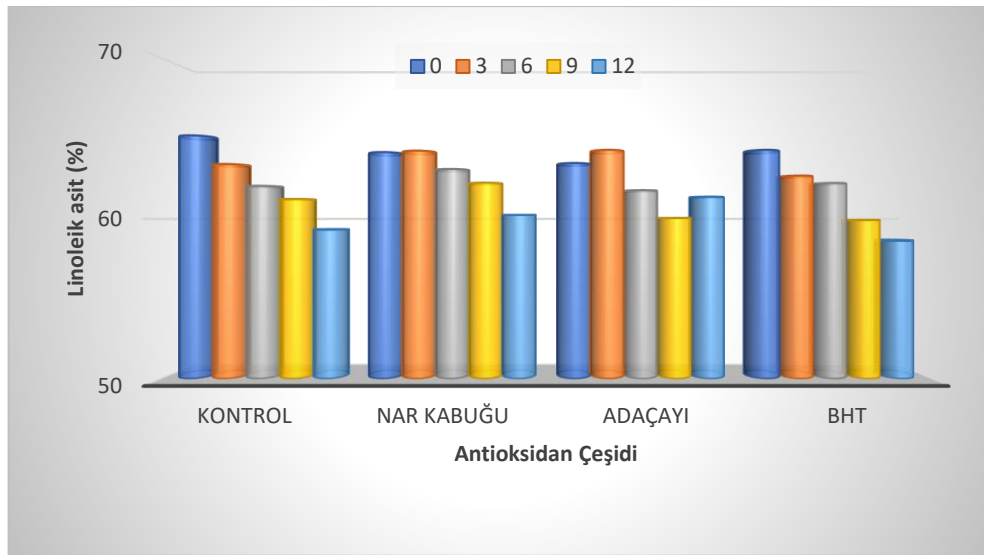
Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen linoleik asit miktarına (%) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 27’de verilmiştir. En yüksek ortalama linoleik asit miktarı nar kabuğu ekstraktı içeren grupta (% 62,80) belirlenmiştir. En düşük ortalama değer (% 61,55) ise BHT ilave edilen yağ örneklerinde belirlenmiştir. Kızartma işleminde 3. kızartma işleminden sonra ortalama linoleik asit miktarında düşüş tespit edilmiş ve bu kızartma işleminden sonra sürekli olarak azalarak 12. kızartmada % 59,90 ‘a düşmüştür. Biberiye ekstraktı ilaveli yağlarda kızartma işleminde değişimin belirlendiği bir çalışmada benzer şekilde, linoleik asit miktarında istatistiki derecede önemli azalmalar olduğu ve linoleik asitin miktarın kızartma başlangıcında en yüksek değerde (% 56,89) iken, kontrol (% 51,17) ve 2000 mg/kg seviyesinde biberiye ekstarktı içeren yağ örneklerinde en düşük değeri % 51,54 ile kızartma sonunda verdiği bildirilmiştir (Yıldırım 2017). Juárez *et al.* (2011) tarafından da ayçiçek yağında kızartma işlemi esnasında palmitik ve oleik asit miktarlarının arttığı, linoleik asit miktarının ise azaldığı rapor edilmiştir. Romero *et al.* (2000) da çalışmasında aynı şekilde 20 kızartma işlemi sonunda ayçiçek yağında palmitik ve oleik asit miktarlarının arttığı, linoleik asit miktarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Tablo 27. Doğal ve Sentetik Antioksidan İçeren Ayçiçek Yağında Tekrarlı Kızartma Süresince Belirlenen Linoleik Asit Miktarına (%) ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (Ortalama $\pm$ Standart Sapma)

Faktör					
Antioksidan çeşidi	Kontrol	Nar kabuğu ekstraktı	Adaçayı ekstraktı	BHT	
	62,24 $\pm$ 2,26bc	62,80 $\pm$ 2,33c	62,20 $\pm$ 2,50b	61,55 $\pm$ 2,58a	
Tekrar sayısı	0	3	6	9	12
	64,27 $\pm$ 1,73a	63,66 $\pm$ 1,64a	62,29 $\pm$ 1,30b	60,87 $\pm$ 2,11c	59,90 $\pm$ 2,13d

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05).

Doğal ve sentetik antioksidan içeren ayçiçek yağında tekrarlı kızartma süresince belirlenen linoleik asit miktarına (%) AC×KS interaksiyonunun etkisi Şekil 8’de verilmiştir. Şekilden de anlaşılabacağı üzere, kızartma tekrar sayısı arttıkça tüm gruplarda linolenik asit miktarında azalmalar tespit edilmiştir. Kızartma öncesinde en yüksek linolenik asit miktarı kontrol grubunda belirlenirken, en düşük miktar adaçayı içeren grupta belirlenmiştir. Nar kabuğu ve BHT içeren grubun % linolenik asit miktarları ise birbirine yakın sonuçlar vermiştir. 12. kızartma sonucunda en düşük değer BHT içeren grupta tespit edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Farklı antioksidan çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma işleminde linolenik asit miktarına (%) AC×KS interaksiyonunun etkisi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada derin yağda kızartma işleminde kullanılan ayçiçek yağında tekrarlı kızartma işleminin yağın çeşitli parametrelerine nar ve adaçayı ekstraktları ile BHT kullanımının etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışma sonucunda elde edilen sonuçlardan aşağıda özetlenen genel sonuç ve önerilere ulaşılmıştır:

1. K_{232} değeri üzerinde tüm varyasyon kaynakları çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P<0,01$). Primer oksidasyon ürünlerinin bir ölçüsü olan konjuge dienlerin miktarı kontrol grubunda en yüksek seviyede belirlenirken antioksidan ekstraktı katkılı gruplarda oksidasyon seviyesinin düşüşüne bağlı olarak konjuge dien değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Kızartmada tekrar sayısının artışı ile birlikte örneklerin kızartma öncesinde $3,15\pm0,40$ olarak belirlenen ortalama K_{232} değeri, 12. kızartma sonunda $3,84\pm0,15$ değerine ulaşmıştır.
2. Konjuge dien değerlerine benzer şekilde antioksidan çeşidi, tekrar sayısı ve $AC\times TS$ interaksyonu örneklerin K_{270} değerleri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etkiye sahiptir. Nar kabuğu ekstraktı içeren gruplara ait ortalama değer 1,84 olarak en yüksek seviyede belirlenmiştir. BHT içeren kızartma yağı grubunda ise ortalama K_{270} değeri 1,77 ile en düşük seviyede belirlenmiştir. Kızartma tekrar sayısı arttıkça bu değer artmış, kızartma öncesinde 1,56 olarak belirlenen değer 12. kızartma sonunda 2,01 olarak tespit edilmiştir.
3. Örnek gruplarının içerisinde en düşük serbest yağ asidi değeri 0,18 ile nar kabuğu ekstraktı ve BHT gruplarında belirlenirken, en yüksek ortalama değer ise 0,23 ile antioksidan içermeyen kontrol grubunda belirlenmiştir. Kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin serbest yağ asidi içeriği artmış başlangıçta 0,17 olarak belirlenen değer 12. kızartma sonunda 0,22 olarak belirlenmiştir.
4. İncelenen faktörlerin tümünün yağların peroksit sayısı üzerinde çok önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kızartma işleminde peroksit sayısına ait ortalamalar içerisinde BHT içeren grup en düşük ortalama değeri vermiştir. Antioksidan içermeyen kontrol grubu diğer gruplara göre daha yüksek bir peroksit değeri vermiştir. Kızartma tekrar sayısı arttıkça ayçiçek yağı örneklerinin peroksit sayısı artmış, başlangıçta 1,18 meq O_2/kg olarak belirlenen değer, 12. kızartma sonunda 2,42 meq O_2/kg olarak tespit edilmiştir.

5. Antioksidan çeşidi ve tekrar sayısı varyasyon kaynakları örneklerin toplam fenolik madde içeriği üzerinde oldukça önemli etkiye sahiptir ($P<0,01$). Ana varyasyon kaynaklarından AC x TS interaksiyonu ise ayçiçek yağı örneklerinin toplam fenolik madde içeriği üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği en yüksek olan grup 105,62 mg GAE/kg ile adaçayı ekstraktı içeren grupta belirlenmiştir. Kontrol ve BHT içeren ayçiçek yağı gruplarında değerler sırasıyla 96,69 ve 96,70 GAE/kg olarak belirlenmiştir. Nar kabuğu ekstraktı içeren grupta adaçayından sonra ikinci en yüksek değer 99,96 GAE/kg olarak belirlenmiştir. Kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin toplam fenol içeriği başlangıçta 104,83 GAE/kg olarak belirlenirken bu değer 12. kızartma sonucunda 95,76 GAE/kg olarak belirlenmiştir.
6. Yağ asidi kompozisyonu açısından doymuş yağ asitlerinden palmitik ve stearik, doymamış yağ asitlerinden ise oleik ve linoleik asit antioksidan çeşidi ve tekrar sayısı faktörlerinden istatistiki olarak önemli seviyede ($P<0,01$) etkilenmiştir. Palmitoleik asit üzerine ise hiçbir faktörün etkisi olmamıştır ($P>0,05$). Kızartma işleminde gruplara ait ortalama palmitik asit $BHT>K>NE>AE$, stearik asit $AE>BHT>K>NE$, oleik asit $BHT>K>NE=AE$ ve linoleik asit ise $NE>K>AE>BHT$ olarak belirlenmiştir. Kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin palmitik, stearik ve oleik asit miktarlarında artış, linoleik asit miktarında ise düşüş gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, nar ve adaçayı ekstraktlarının sentetik bir antioksidan olan BHT'ye göre ayçiçek yağının konjuge dien ve trien değerlerini azalttığı, bu ekstraktların serbest yağ asidi miktarında önemli değişimlere neden olduğu, kontrol grubunun peroksit değerinin diğer gruplara göre yüksek olduğu, toplam fenolik madde miktarı açısından nar kabuğu ve adaçayı ekstraktı içeren grupların kontrol grubuna göre daha yüksek değerler gösterdiği, kullanılan doğal antioksidanların yağ asidi kompozisyonu açısından BHT'ye benzer ve hatta daha iyi sonuçlar verdiği ve bu antioksidanların kızartma esnasında yağ kalitesine katkı sağlaması açısından doğal antioksidan olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Alizadeh , L., Nayebyzadeh ,K., Mohammadi, A., 2016. A comparative study on the in vitro antioxidant activity of tocopherol and extracts from rosemary and *Ferulago angulata* on oil oxidation during deep frying of potato slices, *J Food Sci Technol*, 53(1), 611-20.
- Altunkaya, A., Hedegaard, R.V., Brimer, L., Gökmen, V., Skibsted, L.H. 2013. Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. *Food and Function*, 4, 722–727.
- Andrikopoulos, N. K., Kalogeropoulos, N., Falirea, A., Barbagianni, M. N., 2002. Performance of virgin olive oil and vegetable shortening during domestic deep- frying and pan- frying of potatoes. *International Journal of Food Science & Technology*, 37 (2), 177-190.
- Anonim 2012. Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı ve Sıvı Yağlar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği 28290 C.F.R.
- Anonim, 2010, Bitki Adı İle Anılan Yemeklik Yağlar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tebliğ No: 2010/17.
- Anonymous, 1989a. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society, Fourth Edition, Methods: Ca5a-40.
- Anonymous, 1989b. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society, Fourth Edition, Methods: Cd 8-53.
- Anonymous, 1989c. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society, Fourth Edition, Methods: Ch 5-91.
- Anonymous, 2010, Sunflower Crude and Refined Oils, *Agribusiness Handbook*, FAO, 5 - 19.
- Asadi,Y., Farahmandfar, R., 2020. Frying stability of canola oil supplemented with ultrasound-assisted extraction of *Teucrium polium*, 8, 2, 1187-1196.
- Aydeniz, B., Yilmaz E., 2016. Performance of Different Natural Antioxidant Compounds in Frying Oil, *Food Technol Biotechnol*. 54,(1), 21-30.
- Aydın, S., 2018. Turunçgil Kabuğu Kaynaklı Antioksidanların Kızartma Süresince Yağın Stabilitesi Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Ayustaningwarno, F., Dekker, M., Fogliano, V., Verkerk, R., 2018. Effect of vacuum frying on quality attributes of fruits, *Food Engineering Reviews*, 10 (3), 154-164.
- Babovic, N., Djilas, S., Jadranin, M., Vajs, V., Ivanovic, J., Petrovic, S., Zizovic I., 2010. Supercritical carbon dioxide extraction of antioxidant fractions from selected Lamiaceae herbs and their antioxidant capacity, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 11, 98-107.
- Barati Boldaji, R., Akhlaghi M., Sagheb M.M., Esmaeilinezhad Z., 2020. Pomegranate juice improves cardiometabolic risk factors, biomarkers of oxidative stress and inflammation in hemodialysis patients: A randomized crossover trial. 100, 846-854.
- Basiri, S., 2015. Evaluation of antioxidant and antiradical properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed and defatted seed extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (2), 1117-1123.
- Batista Silva, W., Cosme Silva, GM., Santana, D.B., Salvador, A.R., Medeiros, D.B., Belghith, I., Silva, N.M., Cordeiro, M.H.M., Misobutsi G.P., 2018. Chitosan delays ripening and ROS production in guava (*Psidium guajava* L.) fruit *Food Chemistry*, 242, 232-238.

- Bayrak, A., 2006. Gıda Aromaları, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 32. Baran Ofset, Ankara.
- Blasi, F., Rocchetti, G., Montesano, D., Lucini, L., Chiodelli, G., Ghisoni, S., Baccoloc, G., Simonettia, M.S., Cossignani, L., 2018. Changes in extra-virgin olive oil added with *Lycium barbarum* L. carotenoids during frying: Chemical analyses and metabolomic approach. *Food Research International*, 105, 507-516.
- Bleve M., Ciurlia, L., Erroi E., Lionetto G., Longo L., Rescio L., Schettino T., Vasapollo G., Lionetto M.G., 2008. An innovative method for the purification of anthocyanins from grape skin extracts by using liquid and sub-critical carbon dioxide. 64, 192-197.
- Botterweck, A., Verhagen, H., Goldbohm, R., Kleinjans, J., Brandt, P.V.D., 2000. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands Cohort Study. 38, 599-605.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Jovin E., 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils, *J. Agric. Food Chem.*, 55, 7879-7885.
- Bozyokuş, B., 2019. Bazı doğal ve yapay antioksidanların ayçiçek yağında sinerjik kullanımı, yüksek lisans tezi, Konya.
- Bulca, S., 2014. Çörek otunun bileşenleri ve bu yağın ve diğer bazı uçucu yağların antioksidan olarak gıda teknolojisinde kullanımı, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(2), 29-36.
- Bulut, E., Yılmaz, E., 2010. Comparison of the Frying Stability of Sunflower and Refined Olive Pomace Oils With/Without Adsorbent Treatment. *J Am Oil Chem Soc*, 87 (10), 1145-1153.
- Burtis, C.A., Ashwood, E.R., 1999. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania.
- Büyükyılmaz, N., Mutlu Keçeli, T., 2018. Sentetik antioksidanların bitkisel yağların oksidatif ve termalstabilitesine etkisinin belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 36-261.
- Ceylan, M.M., 2020. Kızartma Yağlarının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Farklı Doğal Antioksidan Maddelerin Etkisi, Doktora Tezi, Fen Bilmileri Enstitüsü, Van.
- Chammem, N., Saoudi, S., Sifaoui, I., Sifi, S., Person, M., Abderraba, M., Moussa, F., Hamdia, M., 2015. Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract, *Industrial Crops and Products*, 74, 592-599.
- Che Man, Y. B., Tan, C. P. 1999. Effects of natural and synthetic antioxidants on changes in refined, bleached, and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(3), 331-339.
- Che Man, Y.B., Jaswir, I. 2000. Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 69, 301-307.
- Cheng, S., Yu, Y., Guo, J., Chen, G., Guo M., 2020. Effect of 1-methylcyclopropene and chitosan treatment on the storage quality of jujube fruit and its related enzyme activities *Scientia Horticulturae*, 265.
- Chirinos, R., Huamán, M., Betalleluz-Pallardel, I., Pedreschi, R., Campos, D., 2011. Characterisation of phenolic compounds of Inca muña (*Clinopodium bolivianum*) leaves and the feasibility of their application to improve the oxidative stability of soybean oil during frying. *Food chemistry*, 128(3), 711-716.

- Choe, E., Min, D., B., 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *J Food Sci*, 72 (5), R77- 86.
- Chung, J., & Choe, E. 2001. Effects of sesame oil on thermooxidative stability of soybean oil. *Food Science and Biotechnology*, 10(4), 446-450.
- Çıkla Yılmaz, D., Özdoğan , O., Bulut, G., Ayaz Seyhan, S., 2019. İki Kekik Türünün (*Thymbra Spicata* Var. *Spicata* Ve *Origanum Onites*) Antioksidan Aktivitelerinin Karşılaştırılması, 1 (2), 296 – 306.
- Darghama, M.B., Boumoslehab, J.M., Farhatac, A., Abdelkhaleka, S., Maround, E.B., Hosrya, L.E., 2022. Antioxidant and anti-diabetic activities in commercial and homemade pomegranate molasses in Lebanon, *Food Bioscience*, 46, 101540.
- De Oliveira, F.L., Arruda, T.Y., da Silva, Lima R., Casarotti, S.N., Morzelle, M.C., 2020. Pomegranate as a natural source of phenolic antioxidants. 9.
- Debnath, S., Rastogi, N.K., Krishna, A.G., ve Lokesh, B.R., 2012. Poori'nin derin yağda kızartması sırasında kızartma döngülerinin pirinç kepeği yağının fiziksel, kimyasal ve ısı transfer kalitesi üzerindeki etkisi: Hint geleneksel kızarmış yiyecekler. *Gıda ve Biyokütle İşleme*, 90(2), 249-256.
- Demirtaş Erol, N., Erdem, Ö.A., Tolasa Yılmaz, Ş., Kayalar, H., Çaklı, Ş., 2022. Effects Of The BHA And Basil Essential Oil On Nutritional, Chemical, And Sensory Characteristics Of Sunflower Oil And Sardine (*Sardina Pilchardus*) Fillets During Repeated Deep-Frying, *LWT Volume* 163, 113557.
- Derakhshan, Z., Ferrante, M., Tadi, M., Ansari, F., Heydari, A., Hosseini, M. S., Sadrabad, E.K., 2018. Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract of pomegranate peels, juice and seeds. *Food and Chemical Toxicology*, 114, 108-111.
- Dobarganes, C., Marquez-Ruiz, G., Velasco, J., 2000, Interactions Between Fat and Food During Deep-Frying, *Eur. J. Lipid. Sci. Tech.*, 102, 521-528.
- Drinić, Z., Mudrić, J., Zdunić, G., Bigović, D., Menković, N., Šavikin, K., 2020. Effect of pomegranate peel extract on the oxidative stability of pomegranate seed oil, *Food Chemistry*, 333, 127501.
- Elibal, B., 2009. Kanola Yağından Kudret Narı Yağ Asitleri (Kİna) İle Yapılandırılmış Yağ Üretimi Ve Reaksiyon Koşullarının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- El-Massry, K.F., El-Ghorab, A.H., Farouk, A., 2002. Antioxidant activity and volatile components of Egyptian *Artemisia judaica* L. *Food Chem*, 79 (3), 331-336.
- Engin, A.B., Bukan, N., Kurukahvecioglu, O., Memis, L., Engin, A., 2011. Effect of butylated hydroxytoluene (E321) pretreatment versus l-arginine on liver injury after sub-lethal dose of endotoxin administration. 32, 457-464.
- Enríquez- Fernández, B., E., Álvarez de la Cadena Yañez, L., Sosa- Morales, M., E., 2011. 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 & Technology*, 46 (6), 1231-1237.
- Esfarjani, F., Khoshtinat, K., Zargaraan, A., Mohammadi-Nasrabadi, F., Salmani, Y., Saghafi, Z., Hosseini, H., Bahmaei, M., 2019. Evaluating the rancidity and quality of discarded oils in fast food restaurants, *Food Science & Nutrition*, 7 (7), 2302-2311.
- Fabrice, T.D., Macaire, W.H., Marrapu, B.K., Lakshmi Karuna, M.S., NarayanaPrasad, R.B., Michel, L., 2017. Effects of Soursop flowers (*Annona muricata* L.) extract on chemical changes of refined palm olein stored at frying temperature, *Food Science and Human Wellness*, 6, (4), 187-194.

- Farkas, B.E., Singh, R.P., Rurnsey T. R., 1995. Modelling heat and mass transfer in immersion frying model development. *Journal of Food Engineering* 29,227-248.
- Fasseas, M.K., Mountzouris, K.C., Tarantilis, P.A., Polissiou, M., Zervas G., 2008. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils, *Food Chemistry*, 106 (3), 1188-1194.
- Feridoni, S.B. and Shurmasti, D.K., 2020. Effect of the nanoencapsulated sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract with carboxymethylcellulose on quality and shelf life of chicken nugget, *Food Sci Nutr*, 8(7), 3704-3715.
- Frega, N., Mozzon, M., Lercker, G., 1999. Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil. *J Am Oil Chem Soc*, 76 (3), 325-329.
- Ge, Y., Tang, Q., Li, C., Duan, B., Li, X., Wei, M., Li J., 2019. Acibenzolar-S-methyl treatment enhances antioxidant ability and phenylpropanoid pathway of blueberries during low temperature storage *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 110, 48-53.
- Gertz, C. , Aladedunye, F., Matthäus, B., 2014. Oxidation and structural decomposition of fats and oils at elevated temperatures. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, 1457-1466.
- Göncüoğlu, N., 2011. Kızartma Yağlarında Termal Proses İndikatörü Olarak Hidroksimetilfurfural Varlığının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gordon, M.H., Kourkimska, L., 1995. The effects of antioxidants on changes in oils during heating and deep frying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68(3), 347-353.
- Gupta, M.K., Warner, K., White, P. J., 2004. *Frying Technology and Practices*. AOCS Press.
- Gupta, M.K., 2005. *Frying Oils*, Bailey's Industrial Oil and Fat Products. John Wiley & Sons Inc., New Jersey.
- Halliwell, B. 1999. Vitamin C: Antioxidant or pro-oxidant in vivo? *Free Radic.*, 25,439–454.
- Hygreeva, D., Pandey, M., Radhakrishna, K., 2014. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science*, 98 (1), 47-57.
- İstanbul, B.N., 2020. Kızartmalık Ayçiçek Yağı Kalitesinin İyileştirilmesinde Üç Farklı Kahve Tipinin Suni Antioksidan Ve Adsorban İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Jaswir, I., Man, Y.B.C., 2000. Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deepfat frying. *Food Chemistry*, 69(3), 301-307.
- Jaswir, I., Man, YBC., 1999. Use Optimization Of Natural Antioxidants In Refined, Bleached, and Deodorized Palm Olein During Repeated Deep-Fat Frying Using Response Surface Methodology. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, (76), 341-348.
- Jeong, S.H., Kim, B.Y., Kang, H.G., Ku, H.O., Cho, J.H., 2005. Effects of butylated hydroxyanisole on the development and functions of reproductive system in rats. 208, 49–62.
- Juárez, M. D., Osawa, C. C., Acuña, M. E., Sammán, N., Gonçalves, L. A. G. 2011. Degradation in soybean oil, sunflower oil and partially hydrogenated fats after food frying, monitored by conventional and unconventional methods. *Food Control*, 22, 1920-1927.

- Kaderides, K., Kyriakoudi, A., Mourtzinou, L., Goula, A.M., 2021. Potential of pomegranate peel extract as a natural additive in foods, *Trends in Food Science & Technology*, 115, 380-390.
- Kahkonen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S. Heinonen, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3954-3962.
- Kahya, N., Kestira, S.M., Öztürk, S.A., Yolaç, A., Torlak, E., Kalaycıoğlu, Z., Akın-Evingür, G., Erima, F.B., 2022. Antioxidant and antimicrobial chitosan films enriched with aqueous sage and rosemary extracts as food coating materials: Characterization of the films and detection of rosmarinic acid release, *International Journal of Biological Macromolecules*, 217, 470-480.
- Kandylis, P., Kokkinomagoulos, E., 2020. Food applications and potential health benefits of pomegranate and its derivatives. 9,122.
- Karre, L., Lopez, K., Getty, K.J.K., 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. 94, 220–227.
- Kasnak, C., Palamutoğlu, R., 2015. Doğal Antioksidanların Sınıflandırılması ve İnsan Sağlığına Etkileri Afyon Kocatepe Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 03200, Afyonkarahisar.
- Kayahan, M., 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri, 227-246.
- Kayahan, M., 2003. Yağ kimyası. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim AŞ Yayınları: METU Press.
- Kılınççeker, O., 2014. Ada Çayı ve Isırgan Otu Ekstraktlarının Balık Köfte Kaplamalarında Kullanımı, *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4, (2), 47-56.
- Kim, I. H., Choe, E.O., 2004. Oxidative stability and antioxidant content changes in roasted and bleached sesame oil during heating. *Food Science and Biotechnology*.
- Kıralan, M., 2006. 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, *Fen bilimleri enstitüsü*, Ankara.
- Kiran, C.R., Sasidharan, I., Soban Kumar, D.R., Sundaresan A., 2015. Influence of natural and synthetic antioxidants on the degradation of Soybean oil at frying temperature, *J Food Sci Technol.*, 52 (8), 5370–5375.
- Kmiecik, D. , Kobus-Cisowska, J., Korczak, J., 2017. The content of anti-nutritional components in frozen fried-potato products. *Lwt—food Science and Technology*, 85, 275-282.
- Kochhar, S.P., 2000. Stable and healthful frying oil for the 21st century. *Inform*, 11, 642-647.
- Konsoula, Z., 2016. Comparative efficacy of pomegranate juice, peel and seed extract in the stabilization of corn oil under accelerated conditions. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 3 (9), 556-563.
- Kumar, A., Srinivasa Rao P., 2020. Optimization of pulsed-mode ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate peel using response surface methodology, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14 (6), 3493-3507.
- Man, Y. B. C., Jaswir, I., 2000. Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deepfat frying. *Food Chemistry*, 69 (3), 301-307.

- Manral, M., Pandey, M.C., Jayathilakan, K., Radhakrishna, K., Bawa, A.S., 2008. Effect of fish (*Catla catla*) frying on the quality characteristics of sunflower oil, *Food Chem.*, 106 (2), 634-639.
- Mariutti, LRB., Nogueira, GC., Bragagnolo N., 2011. Lipid and cholesterol oxidation in chicken meat are inhibited by sage but not by garlic, *Journal of Food Science*, 76 (6), C909-C915.
- Mariutti, LRB., Orlien, V., Bragagnolo, N., Skibsted LH., 2008. Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat, *European Food Research and Technology*, 227 (2), 337-344.
- Maskan, M., Nacaroglu, S., Göğüş, F., 2006. Kara Kekik (*Thymbra spicata*) Uçucu Yağının Kızartma İşleminde Kullanılan Mısır Özü Yağının Kalite Değerleri Üzerine Etkisi, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Bolu.
- McCarthy, TL., Kerry, JP., Kerry, JF., Lynch, PB., Buckley DJ., 2001. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties, 58 (1), 45-52.
- McNeill, J., Kakuda, Y., Kamel, B. 1986. Improving the quality of used frying oils by treatment with activated carbon and silica. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63, 1564-1567.
- McSavage, J., Trevisan, S., 2001. The use and abuse of frying oil, *Food Serv. Technol.*, 1 (2), 85-92.
- Mekawi, E.M., Sharoba, A.M., Ramadan, M.F., 2019. Reduction of acrylamide formation in potato chips during deep-frying in sunflower oil using pomegranate peel nanoparticles extract. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 3298–3306.
- Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A., 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, 33, 363-364.
- Mohdaly, A.A., Smetanska, I., Ramadan, M.F., Sarhan, M.A., Mahmoud, A., 2011. Antioxidant potential of sesame (*Sesamum indicum*) cake extract in stabilization of sunflower and soybean oils. *Industrial Crops and Products*, 34 (1), 952–959.
- Mohdaly, A.A.A., Sahan, M.A., Mahmoud, A., Ramadan, M.F., Smetanska I., 2010. Antioxidant efficacy of potato peels and sugar beet pulp extracts in vegetable oils protection *Food Chemistry*, 123, 1019-1026.
- Montesano, D., Rocchetti, G., Cossignani, L., Senizza, B., Pollini, L., Lucini, L., Blasi, F., 2019. Untargeted metabolomics to evaluate the stability of extra-virgin olive oil with added *Lycium barbarum* carotenoids during storage. *Foods*, 8 (6), 179.
- Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E., Barrufet, M.A., 1999. *Deep Fat Frying: Fundamentals and Applications*, Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, USA.
- Naveena, B.M., Sen, A.R., Vaithyanathan, S., Babji, Y., Kondaiah, N. 2008. Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. *Meat Science*, 80, 1304-1308.
- Nawar, W.W., 1969. Lipitlerin termal bozulması. *Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi*, 17 (1), 18-21.
- Negishi, H., Nishida, M., Endo, Y., Fujimoto, K., 2003. Effect of a modified deep- fat fryer on chemical and physical characteristics of frying oil. *J Am Oil Chem Soc*, 80 (2), 163-166.

- Nguyen, L.P.L., Hitka, G., Zsom, T., Kókai Z., 2016. Application of 1-MCP on apricots at different temperatures and days after harvest *Acta Alimentaria*, 45 (4), 542-550.
- Nor, F. M., Mohamed, S., Idris, N.A., and Ismail, R. 2008. Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies. *Food chemistry*, 110 (2), 319-327.
- Oke, E.K., Idowu, M.A., Sobukola, O.P., Adeyeye, S.A.O., Akinsola, A.O., 2017. Frying of food: A critical review, *Journal of Culinary Science & Technology*, 16 (2), 107-127.
- Okumuş, G., Yıldız, E., Akpınar ayazıt, A., 2016. Nar (*Punica granatum* L.) kabuk ve çekirdeklerinin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa.
- Önder, Ö., 2011. Derin Yağda Kızartma İşleminde Adsorbant Kullanımının Kızartmalık Yağların Kullanım Süreleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Oudjedi, K., Manso, S., Nerin, C., Hassissen, N., Zaidi, F., 2019. New Active Antioxidant Multilayer Food Packaging Films Containing Algerian Sage And Bay Leaves Extracts And Their Application For Oxidative Stability Of Fried Potatoes, *Food Control* Volume 98, 216-226.
- Oudjedi, K., Mansob, S., Nerin, C., Hassissena, N., Zaidia, F., 2015. New active antioxidant multilayer food packaging films containing Algerian Sage and Bay leaves extracts and their application for oxidative stability of fried potatoes, *Industrial Crops and Products* 74, 592-599.
- Oysun, G. 1983. Peynir Altı Suyunu Değerlendirme Olanakları, *GIDA*, 8 (6), 313-316.
- Özdemir, H., Soyer, A., Tağı, Ş., Turan, M., 2014. Nar Kabuğu Ekstraktının Antimikrobiyel ve Antioksidan Aktivitesinin Köfte Kalitesine Etkisi, 39, (6), 355-362.
- Özdemir, H., Y., 2013. Nar Kabuğu Ekstraktının Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktivitesinin Köfte Kalitesine Etkileri. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Padmaja, A., Prasad, N., 2011. Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract as a source of natural antioxidant. *Journal of Food Science and Engineering*, 1 (3), 171.
- Parmar H.S., Kar A., 2008. Medicinal Values of Fruit Peels from *Citrus sinensis*, *Punica granatum*, and *Musa paradisiaca* with Respect to Alterations in Tissue Lipid Peroxidation and Serum Concentration of Glucose, Insulin, and Thyroid Hormones. 11, 376-381.
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying, *LWT - Food Science and Technology*, 37 (6), 679-685.
- Pizzale, L., Bortolomeazzi, R., Vichi, S., Überegger, E., Conte, L.S., 2002. Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*) and oregano (*Origanum onites* and *O. onites*) extracts related to their phenolic compound content, 82 (14), 1645-1651.
- Prabsangob, N. and Benjakul, S., 2018. Effect of tea catechin derivatives on stability of soybean oil/tea seed oil blend and oxidative stability of fried fish crackers during storage, *Food Sci Biotechnol*, 28 (3), 679-689.
- Quiles, J. L., Ramirez-Tortosa, M. C., Gomez, J. A., Huertas, J. R., Mataix, J., 2002. Role of vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR, of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. *Food Chem*, 76 (4), 461-468.

- Radivojac, A., Bera, O., Micić, D., Đurović, S., Zeković, Z., Blagojević, S., Pavlić B., 2020. Conventional versus microwave-assisted hydrodistillation of sage herbal dust: Kinetics modeling and physico-chemical properties of essential oil, *Food and Bioproducts Processing*, 123, 90-101.
- Randhawa S., Bahna S.L., 2009. Hypersensitivity reactions to food additives. 9, 278–283.
- Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2, 152-159.
- Romero, A., Cuesta, C., Sánchez-Muniz, F.J., 2000. Trans fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutrition Research*, 20, 599-608.
- Rossell, J.B., 2001. Frying - Improving Quality. Woodhead Publishing Limited. 1,20-21, 28-34, 49, 52, 72-73.
- Saad B., Sing Y.Y., Nawi M.A., Hashim N., Mohamedali A., Saleh M.I., Sulaiman S.F., Talib K., Ahmad K., Ali A.S.M., 2007. Determination of synthetic phenolic antioxidants in food items using reversed-phase HPLC. 105,389–394.
- Saguy, I., S., Dana, D., 2003. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of Food Engineering*, 56 (2-3), 143-152.
- Salık, Y., 2019. Alyssum Floribundum Boiss. & Balansa (Brassicaceae) Bitkisinden Elde Edilen Ekstraktların Antioksidan Ve Antimikrobiyal Aktivitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Sánchez-Gimeno, A., Negueruela, A., Benito, M., Vercet, A., Oria, R., 2008. Some physical changes in Bajo Aragón extra virgin olive oil during the frying process. *Food Chem*, 110 (3), 654-658.
- Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J.A., & Saura-Calixto, F., 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of Science, Food Agriculture*, 76, 270-276.
- Sarıca, Y., 2015. Doğal Bitki Ekstraktlarının Kızartma Yağlarının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır.
- Şenköylü, N., 2001. Yemlik yağlar. Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Sertel, S., Eichhorn, T., Plinkert, PK., Efferth T., 2011. Anticancer activity of *Salvia officinalis* essential oil against HNSCC cell line (UMSCC1), *HNO*, 59, 1203-1208.
- Shah, M.A., Bosco, S.D.J., Mir S.A., 2014. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products, 98 (1), 21-33.
- Shahidi, F., 2005. Quality assurance of fats and oils. *Industrial oil and fat products*.
- Shahidi, F., Zhong Y., 2010. Novel antioxidants in food quality preservation and health promotion *European Journal of Lipid Science and Technology*, 12, 930-940.
- Singh B., Singh J.P., Kaur A., Singh N., 2019. Antimicrobial potential of pomegranate peel: A review, 54, 959–965.
- Singh, B., Singh, J.P., Kaur, A., Singh N., 2020. Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel, 132, 109114.
- Sumnu, S.G., Sahin, S., 2008. *Advances in Deep-fat Frying of Foods*. CRC Press.
- Takeoka, G.R., Full, G.H., Dao, L.T., 1997. Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats, *J. Agric. Food Chem.*, 45 (8), 3244-3249.

- Taner, G., 2005. Serbest Radikallere Karşı Antioksidan Savunma, *Bilim Teknik*, 113, 453.
- Tang, N., An, J., Deng, W., Gao, Y., Chen, Z., Li Z., 2020. Metabolic and transcriptional regulatory mechanism associated with postharvest fruit ripening and senescence in cherry tomatoes *Postharvest Biology and Technology* 168.
- Tur, E., 2009. Kullanılmış Ve Atık Kızartma Yağlarının Rejenerasyonu İçin Yeni Bir Yöntem: Plazma Polimerizasyon Tekniği İle Hidrofob Karakterde Kompozit Membranların Hazırlanması Ve Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Vidović, S., Cvetkovic, D., Ramić, M., Dunjić, M., Malbaša, R., Tepić, A., Jokić S., 2013. Screening of changes in content of health benefit compounds, antioxidant activity and microbiological status of medicinal plants during the production of herbal filter tea, *Industrial Crops and Products*, 50, 338-345.
- Wang, D., Dong, Y., Wang, Q., Wang, X., Fan, W., 2020. Limonene, the compound in essential oil of nutmeg displayed antioxidant effect in sunflower oil during the deep-frying of Chinese Maye. *Food Science & Nutrition*, 8(1), 511-520.
- Wang, L., Liu, H. M., Qin, G. Y., 2017. Structure characterization and antioxidant activity of polysaccharides from Chinese quince seed meal. *Food Chemistry*, 234, 314–322.
- Wang, Y., Hui, T., Zhang, Y.W., Liu, B., Li, J.K., Cui, B.W., Guo, X.Y., Peng, Z.Q., 2015. Effects of frying conditions on the formation of heterocyclic amines and trans fatty acids in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), *Food Chem.*, 167, 251-257.
- Weber, J., Bochi, V., C., Ribeiro, C., P., Victório, A., D., M., Emanuelli, T., 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chem*, 106 (1), 140- 146.
- Xiu-Qin L., Chao J., Yan-Yan S., Min-Li Y., Xiao-Gang C., 2008. Analysis of synthetic antioxidants and preservatives in edible vegetable oil by HPLC/TOF-MS. 113, 692–700.
- Xu D.P., Li Y., Meng X., Zhou T., Zhou Y., Zheng J., Zhang J.J, Li H., 2017. Bin Gıdalarda ve şifalı bitkilerde doğal antioksidanlar. 18, 96.
- Yagua, C.V., Moreira, R.G., 2011. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying, *Journal of Food Engineering*, 104 (2), 272-283.
- Yaşkıran, K., 2020. Kızartmalık Mısırözü Yağı Kalitesinin İyileştirilmesinde Üç Farklı Turunçgil Albedosunun Suni Bir Antioksidan Ve Adsorban İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yavaşer R., 2011. Doğal ve sentetik antioksidan bileşiklerin antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Yıldırım, A., 2017. Biberiye Ekstraktının Kızartma Sırasında Oluşan 3-Mcpd Ve Glisidil Esterleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Yılmaz, E., 2009. Bazı bitkisel yağların derin-yağda kızartma performanslarının ve bunlara uygulanan adsorban tedavisinin etkenliğinin araştırılması, Tübitak Projesi, Proje No: 108O565.
- Yılmaz, E., Aydeniz , B., 2014. Farklı Doğal Antioksidanların Kızartma Süresince Yer Fıstığı Yağının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri, *Akademik Gıda* 12 (1), 35-42.
- Zarezadeh Mehrizi, R., Emam-Djomeh, Z., Shahedi, M., Keramat, J., Rezaei, K., Loni, E., 2017. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Dried Peel of Iranian Pomegranate. 4, 103–108.

- Zhang, H., Jin, P., Zhang, M., Cheong, L.Z., Hu, P., Zhao, Y., Yu, L., Wang, Y., Jiang, Y., Xu, X. 2016. Mitigation of 3-Monochloro-1,2-propanediol ester formation by radical scavengers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 5887–5892.
- Živković, J., Šavikin, K., Janković, T., Čujić, N., Menković N., 2018. Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenolic compounds from pomegranate peel using response surface methodology, 194, 40-47.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı: Doğum tarihi: Doğum Yeri: Uyruğu: Adres: Tel: E-mail:	Mevra AVCİ
Eğitim	
Lise: Lisans: Yüksek lisans: Doktora:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce: Almanca: Rusça: Diğer	
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	