

DERİN YAĞDA KIZARTMA İŞLEMİ SIRASINDA RAFİNE FINDIK YAĞININ
OKSİDATİF STABİLİTESİ ÜZERİNE BİBERİYE (*ROSMARINUS OFFICINALIS L.*)
BİTKİSİNİN, ÇÖZÜCÜ EKSTRAKTININ VE UÇUCU YAĞININ ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ

SERDAR TOHMA

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS DERECEŚİ İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALARI YERİNE
GETİREREK JÜRİ ONAYA SUNULAN YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2013

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı



Prof.Dr. Yaşar DÜRÜST

Enstitü Müdürü

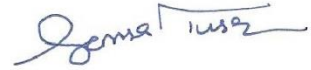
Bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylarım.



Prof.Dr. Ömer ZORBA

Bölüm Başkanı

Okuduğumuz bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak onaylanması, düşüncemize göre, amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.



Yrd.Doç.Dr. Semra TURAN

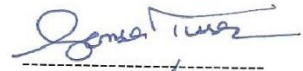
Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

1- Doç.Dr. Arzu TÜRKER



2- Yrd.Doç.Dr. Semra TURAN



3- Yrd.Doç.Dr. Mustafa KIRALAN



ÖZET

DERİN YAĞDA KIZARTMA İŞLEMİ SIRASINDA RAFİNE FINDIK YAĞININ OKSİDATİF STABİLİTESİ ÜZERİNE BİBERİYE (*ROSMARINUS OFFICINALIS L.*) BİTKİSİNİN, ÇÖZÜCÜ EKSTRAKTININ VE UÇUCU YAĞININ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

TOHMA, Serdar

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Danışman: Yrd.Doç.Dr. Semra TURAN

Şubat 2013, 99 sayfa

Bu çalışmada biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) bitkisinin, çözücü ekstraktının ve uçucu yağının derin yağda kızartma işlemi sırasında fındık yağının oksidatif stabilitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca biberiye uçucu yağı, etanol ve metanol ekstraktlarının 2,2'-difenil -1-pikrilhidrazil (DPPH) radikallerini yakalama güçleri, indirgeme güçleri, konjuge dien metodu ve β -karoten ağartma metodu ile antioksidan aktiviteleri belirlenerek, bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) ve α - tokoferolün sahip olduğu değerler ile karşılaştırılmıştır. Genel olarak ekstraktlar BHT ve α - tokoferole yakın değerler sergilerken, biberiye uçucu yağı daha düşük değerlere sahip olmuştur.

0.25-2.0 mg/g konsantrasyonlarda çözücü ekstraktları ile % 1-20 (w/w) oranlarında biberiye bitkisi içeren fındık yağlarının 150 °C'deki indüksiyon periyotları kontrolün indüksiyon periyodundan daha yüksek olmuştur. Fındık yağından hazırlanan trigliseritlerin indüksiyon periyodu 3.93 dakika olarak belirlenirken, biberiye katkılarını içeren trigliseritlerin indüksiyon periyotları 3.67 ile 27.19 dakika arasında değişmiştir.

180 $\pm$ 5 °C'de günde 10 defa olmak üzere, 6 gün boyunca yapılan derin yağda kızartma işlemi sırasında her gün sonunda alınan yağların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişim incelenmiştir. 1 mg/g konsantrasyondaki biberiye etanol/metanol ekstraktları ile uçucu yağları ve % 1 ile % 5 (w/w) oranlarındaki biberiye bitkisini içeren fındık yağlarının kontrole kıyasla daha düşük konjuge dien miktarına, *p*-anisidin değerine ve polar madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kızartma süresince L*, a* ve b* renk değerleri ile viskozitedeki değişimin kontroldekine kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. 6. gün sonunda biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının indüksiyon periyotları 9.43 ile 35.01 dakika arasında olup, kontrolün sahip olduğu indüksiyon periyodundan (4.28 dakika) oldukça yüksektir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde % 5 oranında biberiye bitkisi içeren fındık yağının kızartma performansının en yüksek olduğu saptanmıştır. Kızartılmış patateslerin tekstürü, rengi ve duyu özellikleri (gevrekliği, tadı, kokusu ve toplam kabul edilebilirliği) üzerine biberiye katkılarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur ($p>0.05$). Ancak katkılarının patateslerin absorpladıkları yağ miktarını bir miktar artırdığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derin yağda kızartma, fındık yağı, biberiye bitkisi, uçucu yağı, çözücü ekstraktı, indüksiyon periyodu, antioksidan aktivite

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF ROSEMARY (*ROSMARINUS OFFICINALIS L.*) PLANT, SOLVENT EXTRACT AND ESSENTIAL OIL ON THE OXIDATIVE STABILITY OF HAZELNUT OIL DURING THE DEEP FAT FRYING PROCEDURE

TOHMA, Serdar

MSc., Food Engineering Department

Supervisor: Assist.Prof.Dr. Semra TURAN

February, 2013, 99 pages

In this study, the effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) plant, its solvent extract and essential oil on the oxidative stability of hazelnut oil during deep frying was investigated. In addition, 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, reducing power and the antioxidant activities with conjugated diene method and β -carotene bleaching method of essential oil, ethanol and methanol extracts of rosemary were determined, and thus they were compared with the values of butylated hydroxytoluene (BHT) and α -tocopherol. In general, extracts showed similar values to BHT and α -tocopherol, while the essential oil of rosemary had lower values.

The induction periods of hazelnut oils containing 0.25-2.0 mg/g concentrations of solvent extracts and 1-20 % (w/w) rosemary plant at 150 °C were found higher than the induction periods of control. The induction period of triglycerides prepared from hazelnut oil was determined as 3.93 min., while the induction periods of triglycerides containing rosemary additives changed between 3.67 and 27.19 min.

During the deep frying procedure made at 180 ± 5 °C for 10 times a day for 6 days, the changes in some physical and chemical characteristics of oils taken at the end of the days were investigated. Hazelnut oils containing 1 mg/g concentration of rosemary, ethanol/methanol extracts and essential oils and 1-5 % (w/w) of rosemary plant had lower amounts of conjugated diene content, *p*-anisidine value and polar material content compared to control. In addition, during frying procedure, changes in L^* , a^* ve b^* color values and viscosity were lower compared to control. At the end of 6 days, the induction periods of hazelnut oils containing rosemary plant, essential oil and extracts were between 9.43 and 35.01 min, which were much higher than the induction period of control (4.28 min). The study results indicated that hazelnut oil containing 5 % of rosemary plant had the best frying performance. It was concluded that rosemary additives had no statistically significant effect on the texture, color and sensorial properties of the fried potatoes (crispiness, taste, smell and total acceptance) ($p > 0.05$). However, it was determined that the additives increased the amount of the oil absorbed by potatoes to some extent.

Key Words: Deep frying, hazelnut oil, rosemary plant, essential oil, solvent extract, induction period, antioxidant activity

TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında ilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen, çalışmanın projelendirilmesi ve yürütülmesini sağlayan tez danışmanım sayın Yrd.Doç.Dr. Semra TURAN’a,

2011.02.02.412 nolu “Tez Projesi” kapsamında sağladığı olanaklardan dolayı A.İ.B.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı’na,

Bölüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan Gıda Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof.Dr. Ömer ZORBA’ya,

Çalışmamda kullandığım dondurulmuş patatesleri sağlayan BOLPAT A.Ş.’ye,

Deneyisel çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Arzu ŞAHAN’a,

Tezimin sayfa düzeninin yapılmasındaki yardımlarından dolayı Deniz GÜNAL’a,

Sevgi ve desteği ile yanımda olan eşim Gamze TOHMA’ya teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ONAY SAYFASI	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal	15
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Biberiye uçucu yağının elde edilmesi.....	15
3.2.2. Biberiye etanol/metanol ekstraktlarının elde edilmesi	16
3.2.3. Biberiye uçucu yağı ve ekstraktlarının fenolik madde miktarlarının belirlenmesi	17
3.2.4. Biberiye uçucu yağı ve ekstraktlarının antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi.....	18
3.2.4.1. DPPH radikallerini yakalama gücünün belirlenmesi	18
3.2.4.2. Linoleik asit emülsiyonunda konjuge dien metodu kullanılarak antioksidan aktivitenin belirlenmesi	19
3.2.4.3. β -karoten ağartma testi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi	20
3.2.4.4. Demir iyonlarını indirgeme gücünün belirlenmesi	21

3.2.5. Belirli konsantrasyonda ekstrakt veya uçucu yağ içeren fındık yağlarının hazırlanması	22
3.2.6. Biberiye bitkisini içeren fındık yağının hazırlanması	23
3.2.7. Fındık yağından saflaştırılmış trigliseritlerin elde edilmesi	23
3.2.8. Biberiye uçucu yağı, ekstraktı veya bitkisi içeren fındık yağlarının indüksiyon periyotlarının belirlenmesi.....	24
3.2.9. Biberiye uçucu yağı, ekstraktı veya bitkisi içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarlarının belirlenmesi	25
3.2.10. Derin yağda kızartma işlemi.....	26
3.2.11. Kızartma işlemi sırasında yağda gerçekleştirilen analizler	28
3.2.11.1. Yağ asidi bileşimi	28
3.2.11.2. C18:2/C16:0 ile C18:1/C16:0 oranları	29
3.2.11.3. Serbest yağ asiti miktarı (%)	29
3.2.11.4. Polar madde miktarındaki değişim (%).....	30
3.2.11.5. Renk.....	30
3.2.11.6. Viskozite.....	31
3.2.11.7. Konjuge dien miktarı.....	31
3.2.11.8. <i>p</i> -anisidin değeri	32
3.2.12. Kızartılmış patateslerde gerçekleştirilen analizler.....	32
3.2.12.1. Kuru madde ve nem miktarları	33
3.2.12.2. Absorplanan yağ miktarı	33
3.2.12.3. Duyusal analiz	34
3.2.12.4. Tekstür analizi	34
3.2.12.5. Renk analizi	35
3.2.13. İstatistiksel Değerlendirme	35
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	36
4.1. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının Fenolik Madde Miktarları ve Ekstraksiyon Verimleri	36
4.2. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının Linoleik Asit Emülsiyonunda Konjuge Dien Metodu ile Antioksidan Aktiviteleri	38
4.3. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının β -Karoten Ağartma Metodu ile Saptanan Antioksidan Aktiviteleri	40

4.4. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının DPPH Radikallerini Yakalama Güçleri.....	43
4.5. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının Demir İyonlarını İndirgeme Güçleri.....	45
4.6. Biberiye Bitkisi, Uçucu Yağı ve Ekstraktı İçeren Fındık Yağlarının ve Trigliseritlerinin İndüksiyon Periyotları.....	47
4.7. Biberiye Bitkisi, Uçucu Yağı ve Ekstraktı İçeren Fındık Yağlarının Fenolik Madde Miktarları	54
4.8. Biberiye Bitkisi, Uçucu Yağı ve Ekstraktı İçeren Fındık Yağlarında Gerçekleştirilen Derin Yağda Kızartma İşlemleri.....	55
4.8.1. Serbest yağ asidi miktarındaki değişim	55
4.8.2. Polar madde miktarındaki değişim	58
4.8.3. Konjuge dien miktarındaki değişim.....	60
4.8.4. <i>p</i> -anisidin değerindeki değişim.....	62
4.8.5. Viskozitedeki değişim.....	65
4.8.6. Renkte gerçekleşen değişim.....	67
4.8.7. Yağ asidi bileşiminde gerçekleşen değişim	73
4.8.8. İndüksiyon periyodundaki değişim.....	76
4.9. Kızartılmış Patateslerde Gerçekleştirilen Analizler	77
4.9.1. Kuru madde ve absorplanan yağ miktarları	78
4.9.2. Duyusal analiz.....	79
4.9.3. Tekstür analizi.....	81
4.9.4. Renk tayini	82
5. SONUÇLAR	85
KAYNAKLAR	90
EKLER.....	97
EK A. Fındık yağının 150 °C’deki DSC eğrisi.....	97
EK B. Duyusal analiz formu.....	98
EK C. Tekstür analizinde uygulanan delme ve kesme testlerine ilişkin grafikler	99

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BE	Biberiye etanol ekstraktı
BHA	Bütillenmiş hidroksi anizol
BHT	Bütillenmiş hidroksi toluen
BK	Biberiye bitkisi katkılı
BM	Biberiye metanol ekstraktı
BUY	Biberiye uçucu yağı
DPPH	2,2'- difenil -1-pikrilhidrazil
DSC	Differansiyel taramalı kalorimetre
IP	İndüksiyon periyodu
KF	Koruma faktörü
TBHQ	Tersiyer bütıl hidrokinon
TRF	Toplam renk farkı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Ekstraktların fenolik madde miktarlarının hesaplanmasında gallik asit kullanılarak hazırlanan kalibrasyon doğrusu	18
Şekil.3.2.	Biberiye katkıları içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarlarının hesaplanmasında kullanılan kalibrasyon doğrusu	26
Şekil 4.1.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin linoleik asit emülsiyonunda antioksidan aktiviteleri (%)	40
Şekil 4.2.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin β -karoten ağartma testi antioksidan aktivite değerleri (%)	42
Şekil 4.3.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin DPPH radikallerini yakalama güçleri (%)	44
Şekil 4.4.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin demir iyonlarını indirgeme güçleri.....	47
Şekil 4.5.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının serbest yağ asidi miktarındaki değişim	57
Şekil 4.6.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının polar madde miktarındaki değişim	60
Şekil 4.7.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının konjuge dien miktarındaki değişim	62
Şekil 4.8.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının <i>p</i> -anisidin değerindeki değişim	64

Şekil 4.9.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının viskozitelerindeki değişim	66
Şekil 4.10.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları eklenmiş olan fındık yağlarının L* değerlerindeki değişim	68
Şekil 4.11.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının a* değerlerindeki değişim	70
Şekil 4.12.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının b* değerlerindeki değişim.....	72
Şekil 4.13.	Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarında kızartılan patateslerin duyusal analiz sonuçları	80
Şekil 4.14.	Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarında kızartılan patateslerin renk değerleri	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.	Uçucu Yağ ve Ekstraktların Fenolik Madde Miktarları ve Ekstraksiyon Verimleri.....	36
Çizelge 4.2.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin linoleik asit emülsiyonunda antioksidan aktiviteleri	39
Çizelge 4.3.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin β -karoten ağartma testi antioksidan aktive değerleri.....	41
Çizelge 4.4.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin DPPH radikallerini yakalama güçleri	44
Çizelge 4.5.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin demir iyonlarını indirgeme güçleri.....	46
Çizelge 4.6.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT içeren fındık yağlarının indüksiyon periyotları	49
Çizelge 4.7.	Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT içeren fındık yağı trigliseritlerinin indüksiyon periyotları.....	52
Çizelge 4.8.	Biberiye bitkisi, uçucu yağı veya ekstraktlarını içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarları	55
Çizelge 4.9.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının serbest yağ asidi miktarları	56
Çizelge 4.10.	Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının polar madde miktarlarındaki değişim	59

Çizelge 4.11. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının konjuge dien miktarları	61
Çizelge 4.12. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının <i>p</i> -anisidin değerleri	63
Çizelge 4.13. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının viskoziteleri	66
Çizelge 4.14. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının <i>L</i> * değerleri	67
Çizelge 4.15. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının <i>a</i> * değerleri	69
Çizelge 4.16. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının <i>b</i> * değerleri	71
Çizelge 4.17. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının başlangıca kıyasla toplam renk farkı değerleri	73
Çizelge 4.18. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının yağ asidi bileşimleri	75
Çizelge 4.19. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren findık yağlarının indüksiyon periyodundaki değişim	76
Çizelge 4.20. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren findık yağlarında kızartılan patateslerin kuru madde ve yağ miktarları	79
Çizelge 4.21. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren findık yağlarında kızartılan patateslerin duysal analiz sonuçları	80
Çizelge 4.22. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren findık yağlarında kızartılan patateslerin tekstür analiz sonuçları	82
Çizelge 4.23. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren findık yağlarında kızartılan patateslerin renk değerleri	83

1. GİRİŞ

Yağlar, yüksek enerji sağlayan besin öğeleridir. Vücut için gerekli olan yağda çözünen vitaminleri, esansiyel yağ asitlerini, çeşitli enzimleri, mineralleri, antioksidanları, provitamin özelliğindeki steroidleri ve karotenoitleri taşırlar. Bitkisel veya hayvansal kaynaklı olabilirler. Doymuş yağ asitlerinin kalp damar hastalıklarına neden olması hayvansal yağların tüketimini kısıtlamaktadır. Bitkisel yağlar ise günlük diyetimizin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bitkisel yağlar elzem yağ asitleri olan linoleik ve linolenik asitleri içerdiklerinden vücudun elzem yağ asiti ihtiyacını önemli oranda karşılamaktadırlar. Ancak bitkisel yağlar yüksek oranda doymamış yağ asitlerini içerdiklerinden oksidatif stabiliteleri hayvansal yağlara kıyasla daha düşüktür. Yağlar; oksijen, ısı, ışık etkisiyle ve metal iyonları varlığında hızla oksidasyona uğramaktadırlar (Kayahan, 2003). Bu nedenle hem bitkisel yağlarda hem de yağ içeren gıdalarda lipit oksidasyonu önemli bozulma problemlerinden biridir. Lipitlerin oksidasyonu çeşitli sağlık problemlerine ve kalite kaybına neden olmaktadır. Çünkü lipit oksidasyonu sonucu oluşan alkoller, aldehitler, ketonlar gibi kimi bileşikler kanser ve damar sertliği gibi hastalıklara neden olmakta, besin değerini düşürmekte, tat ve kokuyu olumsuz yönde etkileyen değişimlere sebep olmaktadır (Suja ve ark., 2004; Çalikoğlu ve ark., 2009).

Lipit oksidasyonunu önlemek veya geciktirmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En etkili yolun doğal veya sentetik antioksidan ilavesi olduğu

saptanmıştır. Ancak son yıllarda sentetik antioksidanların toksik ve kanserojen etkilerinin olduğunun saptanması üzerine doğal antioksidanlara olan ilgi artmıştır.

Çalışmalar sonucunda bazı aromatik bitki ve baharatların ve bunlardan elde edilen ekstraktların veya uçucu yağların gıdalardaki lipit oksidasyonunu geciktirmede oldukça etkili oldukları saptanmıştır. Doğal antioksidanların lipit oksidasyonunu geciktirme dışında insan vücudunda da bir takım faydalı etkileri olduğu belirlenmiştir (Bandoniené ve ark., 2002; Iqbal ve Bhanger, 2007; Erkan ve ark., 2008; Çalikoğlu ve ark., 2009).

Aromatik bitkilerin çözücü ekstraktları ve uçucu yağları önemli miktarda antioksidan aktivite gösteren bileşikler içermektedir. Bu bileşikler fenolik bileşikler, antosiyaninler, karotenoidler, askorbik asit, terpenler, benzenoidler ile çeşitli azotlu ve kükürtlü bileşikler ile diğer uçucu nitelikteki bileşiklerdir. Uçucu yağlar, bitkilerden su buharı destilasyonu ile elde edilen, oda sıcaklığında sıvı halde olan, uçucu, kuvvetli ve keskin kokulu, yağimsı karışımlardır (Bayrak, 2006; Çalikoğlu ve ark., 2006).

Lipit oksidasyonun önlenmesinde en çok kullanılan bitkilerden biri biberiye bitkisi olup, yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir. Biberiye Akdeniz ülkelerinde kendiliğinden yetişen veya kolayca kültürü yapılan bir bitkidir. Hoşça giden aromasından dolayı yemeklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak ekstraktları üretilmekte ve pazarlanmaktadır. Antioksidan aktiviteyle ilişkili biberiyede bulunan en önemli fenolik bileşiklerin diterpenler, karnosol, karnosik asit ve rosmarinik asit olduğu belirtilmektedir (Önenç ve Açıkgöz, 2005). Biberiye uçucu

yağının ise % 20 α -pinen, % 20 1,8-sineol ve % 18 oranında ise kafur denilen bileşikleri içerdiği bildirilmektedir (Bayrak, 2006).

Fındık yağı % 85.0-88.1 oleik asit, % 2.93-9.1 linoleik asit ile % 3.0-10.0 palmitik asit ve % 1.0-1.6 stearik asit içermektedir (Kayahan, 2003). Tokoferol düzeyi de yüksek olup, 36.19 mg/100 g α -tokoferol ve 9.3 mg/100 g ise γ -tokoferol içermektedir (Karabulut ve ark., 2005). Bu çalışmada çoklu doymamış yağ asidi oranının düşük ve içerdiği tokoferol düzeyinin ise yüksek olmasından dolayı fındık yağı kullanılmıştır.

Kızartma gıda sanayinde ve evlerde sıklıkla kullanılan pişirme tekniklerinden biri olup, kızartılan ürün aroma, yapı ve görünümü nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Kızartma sırasında yağ sıcaklığı 160-180 °C arasında olup, hızla ısının gıdaya transferi gerçekleşmekte ve kısa sürede gıda pişmektedir. Ancak, kızartma sırasında ısı transfer ortamı olan yağda birtakım fiziksel ve kimyasal değişimler açığa çıkmaktadır. Oksijen varlığında gıda nemi ve yüksek sıcaklık yağda üç farklı bozulma reaksiyonuna neden olmaktadır. Gıdadan gelen su nedeniyle hidroliz, oksijen varlığında oksidasyon ve oksijen ile ısı nedeniyle termal oksidasyon gerçekleşmektedir. Bu kompleks reaksiyonlar sonucu çeşitli polimerizasyon ürünleri açığa çıkmaktadır. Oluşan bozulma ürünleri yağın ve gıdanın tat ve kokusunda istenmeyen değişimlere neden olurken raf ömrünü de kısaltmaktadır. Oksidasyon sonucu oluşan acımsı tat, gıdanın duyu kalitesini düşürmekte ve oluşan okside ürünler sağlığı tehdit etmektedir (Che Man ve Jaswir, 2000; Jaswir ve ark., 2000; Nor ve ark., 2008).

Bu çalışmanın amacı, derin yağda kızartma işlemi sırasında rafine fındık yağının oksidatif stabilitesi üzerine biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) bitkisinin, bu bitkiden elde edilen çözücü ekstraktının ve uçucu yağının etkilerini saptamaktır. Bu amaçla biberiye bitkisinden etanol ve metanol kullanılarak çözücü ekstraktları ve su buharı distilasyonu ile ise uçucu yağı elde edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda (0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL) hazırlanan biberiye çözücü ekstraktları ve uçucu yağlarının antioksidan aktiviteleri, 2,2'-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikallerini yakalama güçleri ve demir iyonlarını indirgeme güçleri belirlenmiştir. Ayrıca biberiye bitkisi, uçucu yağı veya ekstraktı içeren fındık yağları ile saflaştırılmış trigliseritlerin 150 °C'da indüksiyon periyotları belirlenmiştir.

Antioksidan aktivite deney sonuçları ile indüksiyon periyotları birlikte değerlendirilerek belirlenen oranlarda biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarında 180 ± 5 °C'da mutfak tipi fritözde kızartma işlemi uygulanmıştır. Aynı yağda günde 10 defa olmak üzere 6 gün boyunca dondurulmuş parmak patates kızartılmıştır. Her gün sonunda alınan yağların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde (serbest yağ asidi miktarı, konjuge dien miktarı, *p*-anisidin değerleri, polar madde içeriği, viskozite ve renk) meydana gelen değişim incelenmiştir. Ayrıca kızartmaların başında ve 6. gün sonunda alınan yağların indüksiyon periyotları ve yağ asidi bileşimleri belirlenmiştir. Yapılan katkıların kızartılmış patateslerin duyuşal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisini saptamak üzere kızartılmış patateslerde duyuşal analiz, renk ve tekstür analizleri de yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAşTIRMASI

Gıdaların kızartılarak pişirilmesi en eski pişirme tekniklerinden biridir. Kızartma sırasında ısıtma ortamı olan yağdan hızlı ısı transferi sayesinde gıda kısa sürede pişmekte, kızartılan ürün kendine has aroma, tekstür ve gevrekliğe sahip olmaktadır (Casal ve ark., 2010) Belirtilen bu özellikleri nedeniyle evlerde ve restoranlarda et ve tavuk ürünleri, sebzeler ve hamur işleri kızartılarak tüketilmektedir. Hazır yemek sanayinin ve “fast food” adlı hızlı yemek sektörünün yaygınlaşması sonucu birçok gıda maddesi kızartılarak tüketiciye sunulmaktadır (Okur, 2008).

Ülkemizde de beslenme alışkanlıkları arasında gıdaların kızartılarak tüketimi oldukça önemli bir yer tutmakta ve kızartmaların hazırlanmasında genellikle bitkisel sıvı yağlar kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen sebzelerin büyük bir kısmı, özellikle taze olarak temin edildikleri yaz aylarında kızartılarak tüketilmektedir. Aile mutfaklarına özgü olan bu usule geniş çapta lokantalarda, hazır gıda satışı yapılan ve toplu beslenmenin söz konusu olduğu tüm kuruluşlarda rastlanmaktadır (Okur, 2008).

Kızartma işlemi temaslı (yüzey) kızartma ve derin kızartma olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Temaslı (yüzey) kızartma işlemi, yüzey alanı ve hacmi büyük olan yumurta, burgerler ve dilimlenmiş etler gibi gıdalar için uygun bir yöntemdir. Bu yöntemde ısı transferi kondüksiyon yolu ile olmakta kızartma işlemi

ürünün tümünde homojen olarak uygulanamamaktadır. Derin kızartma ise, ısı transferinin yağ içinde konveksiyon ve gıda maddesinde kondüksiyon yolu ile olduğu bir yöntemdir. Bu yöntemde gıda yüzeyi yağ tarafından tümüyle sarıldığı için her noktada ısı transferi eşittir ve kızartma tek düze olur. Her iki yöntemde de kızartma sonucu kirlenen yağ filtrelerden geçirilerek temizlenmektedir (Kayahan, 2002; Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

Derin kızartma işlemi sırasında gıda sıcak yağın içine daldırıldığında, yüzey sıcaklığı hızla yükselmekte ve içerdiği su buharlaşarak uzaklaşmaya başlamaktadır. Kısa bir süre sonra gıdanın yüzeyinde oluşan kuruma sonucu bir kabuklaşma olmaktadır. Ardından gıdanın yüzey sıcaklığı yağın sıcaklığına kadar yükselmektedir. Bu aşamadaki ısı transfer oranı, gıda ile yağ arasındaki sıcaklık farkına ve kızartılan gıdanın ısı transfer katsayısına bağlı olmaktadır. Oluşan kabuk değişik çaplarda kapiler kanallar içeren gözenekli bir katmandır. Gıdada uzaklaşan su buharı öncelikle geniş çaplı gözeneklerden uzaklaşırken oluşan boşluklar yağ tarafından doldurulmaktadır. Bu nedenle kızartılan gıda önemli miktarda yağ absorbe etmektedir. Suyun uzaklaşması sonucunda gıda sünger gibi gözenekli bir yapı kazanmakta ve oluşan ince kanallardan yağ içeri doğru sızmaktadır (Kayahan, 2002; Saguy ve Dana, 2003).

Derin yağda kızartma işleminde yağ nem ve havanın varlığında yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Bu koşullar altında çeşitli kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bunlar oksidasyon, hidroliz ve doymamış yağ asitlerinin polimerizasyonu olup uçucu özellikteki ürünler, uçucu olmayan okside türevler,

dimerik, polimerik veya siklik yapıdaki bileşikler kızartmada kullanılan yağın bileşimini değiştirmektedir (Mariod ve ark., 2006).

Yağın kızartma işlemi sırasında tekrarlı kullanımı sonucunda hem yağın hem de kızartılan gıdanın fiziksel, kimyasal, besinsel ve duyusal özelliklerinde istenmeyen değişimler gerçekleşmektedir. Bazı bozulma ürünleri sağlığa zararlı olup, vitaminlerin parçalanmasına, enzimlerin inhibisyonuna, mutasyonlara veya mide ve bağırsak sisteminin hasara uğramasına neden olmaktadır (Manral ve ark, 2008). Bu nedenle kızartma sırasında yağda ve kızartılan gıdada gerçekleşen değişimin incelenmesi zorunlu olmaktadır. Belirli bir noktaya kadar yağ kızartma işlemlerinde kullanılabilmekte daha sonra ise atılması gerekmektedir.

Yağların termal oksidasyonu sonucu açığa çıkan birincil ürünler (peroksitler ve hidroperoksitler) hızla parçalanarak aldehitler, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar ve polimerler gibi ikincil bileşiklere dönüşmektedir. Bu oksidasyon ürünleri vücut tarafından hızla absorbe olmakta ve hücre lipidlerinin oksidasyonuna ve sonuçta hücre yıkımına neden olmaktadır. Lipitlerdeki değişimler onların besinsel değerini etkilemektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri parçalanmakta ve toksik bileşikler açığa çıkmakta ve diğer gıda bileşenlerinin absorpsiyonu güçleşmektedir (Danowska-Oziewicz ve Karpinska-Tymoszczyk, 2005).

Kızartma sırasında pişirme ortamı olarak kullanılan yağın *p*-anisidin değeri, polar ve polimer madde miktarı, konjuge dien değeri, serbest yağ asidi miktarı, TBA değeri artmakta, iyot sayısı, dumanlanma noktası ve C18:2/C16:0 oranında ise düşme

gerçekleşmektedir. Yağın viskozitesi artmakta, köpüklenme oluşmakta ve yağın rengi koyulaşmaktadır (Kayahan, 2002).

Kullanılmış kızartma yağlarının ne zaman atılması gerektiğine karar vermek için birtakım deneysel ölçütler kullanılmaktadır. Restoranlarda ise kızartma yağını atma kararı genellikle sübjektif olarak ölçülen fiziksel değişikliklere bağlıdır. Kızartma ortamının rengi, köpük yüksekliği, duman kokusu ve kızarmış ürünün lezzeti genellikle kullanılan kriterlerdir. Bununla birlikte bu kriterler yeterli olmayıp, yağın kızartmalarda kullanılmaya devam edilmesi toksik bileşik miktarının artmasına neden olmaktadır (Kayahan, 2002; Okur, 2008).

Literatürde kızartma yağlarının kullanım ömrünün artırılması için kızartma yağlarına dışarıdan sentetik antioksidanların, çeşitli baharatların, baharat veya tıbbi bitkilerden elde edilen ekstraktların veya uçucu yağların ilave edilmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yer almaktadır (Abdalla ve Roozen, 1999; Réblova ve ark., 1999; Nogala-Kalucka ve ark., 2005; Bensmira ve ark., 2007; Du ve Li, 2008; Nor ve ark., 2008; Çalıkoğlu ve ark., 2009).

Baharatlar gıdalara doğrudan, öğütüldükten sonra, çözücü ekstraktları veya uçucu yağları olarak ilave edilmektedir. Bitkisel ve hayvansal yağlar kullanılarak baharatlardan antioksidan bileşiklerin ekstraksiyonunda baharat yağ ile karıştırılmakta, ardından oda sıcaklığına veya biraz daha yukarısındaki bir sıcaklığa ısıtılmakta ve daha sonra filtre edilmektedir. Ancak baharatlar aromatik olup, keskin kokuya sahip olduklarından kullanımları kısıtlıdır. İçerdikleri antioksidan bileşikler çeşitli çözücüler (metanol, etanol, etil asetat ve su gibi) ile ekstrakte edilebilmektedir

(Suhaj, 2006). Uçucu yağları ise çözücü ekstraksiyonu, su veya buhar destilasyonu, süperkritik akışkan ekstraksiyonu, mikrodalga ekstraksiyonu ve katı-faz mikroekstraksiyonu gibi tekniklerle elde edilmektedir (Kılıç, 2008).

Uçucu yağlar bitkilerin yaprak, meyve, kabuk veya kök kısımlarından elde edilen, oda sıcaklığında sıvı halde olan, kolaylıkla kristalleşebilen genellikle renksiz veya açık sarı renkli, uçucu, kuvvetli kokulu doğal ürünlerdir (Kılıç, 2008). Açıkta bırakıldıklarında, oda sıcaklığında bile buharlaşabildiklerinden "uçucu yağ", eter gibi uçtuklarından "eterik yağ"; güzel kokulu olmaları ve parfümeride kullanılmaları nedeniyle "esans" gibi isimlerle anılırlar (Bayrak, 2006; Çalıkoğlu ve ark., 2006).

Baharatların içerdiği uçucu yağlar ilave edildiği gıdanın işlenmesi sırasında uygulanan ısı işlem koşullarına dayanıklı olmayıp bu koşullarda hızla parçalanabilmekte veya ortamdan uzaklaşabilmektedir. Bu şekilde oksidasyonu geciktirici etkisinden yararlanılamamaktadır. Bu nedenle uygulanan proses koşullarında dayanıklı uçucu yağların kullanılması gerekmektedir. Bir araştırmada reyhan, tarçın, karanfil, küçük hindistan cevizi ve kekik gibi bitkilerden elde edilen uçucu yağlar 80, 100, 120 ve 180 °C'da 3 saat boyunca bekletilmiş ve DPPH testi kullanılarak antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Uçucu yağların ısıya karşı dayanıklılıklarının yüksek olduğu ve uçucu yağların tümünün 180 °C'da ısıtma sırasında zeytinyağındaki tokoferollerini oksidasyona karşı koruduğu rapor edilmiştir (Tomaino ve ark., 2005).

Du ve Li (2008) dana etinin derin yağda kızartılması sırasında tarçın uçucu yağının antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Antioksidan etkinin belirlenmesinde peroksit

sayısı ve TBA değerini esas almışlardır. Çalışma sonucunda 150 °C’da 1.5 dakikalık kızartma sırasında oksidasyonu önlemede en etkili tarçın uçucu yağı miktarının 250 mL palm yağı için 30 µl olduğunu saptamışlardır.

Uçucu yağ ile doğrudan bitki ilavesinin oksidatif stabilite üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada alıkoğlu ve ark. (2009) adaçayı yaprakları ile bu yapraklardan elde edilen uçucu yağı ayçiçek yağına ekleyerek 60 °C’da hızlandırılmış oksidasyon testi olan Schaal fırın testini uygulamışlardır. 14 günlük oksidasyon süresince belirli aralıklarla numune alarak peroksit sayısı ve konjuge dien değerini belirlemişlerdir. Ayrıca 110 °C’da Ransimat cihazı ile farklı oranlarda adaçayı bitkisi veya uçucu yağı ilave edilen ayçiçek yağlarının indüksiyon periyotlarını ve bu değerlerden yararlanarak da her birinin koruma faktörlerini hesaplamışlardır. Hem adaçayı yaprakları ile muamele edilmiş hem de uçucu yağ ilave edilen ayçiçek yağlarının oksidasyon süresince kontrole kıyasla daha düşük peroksit sayısı ve konjuge dien değerine sahip olduklarını saptamışlardır. Ancak en yüksek antioksidan aktivitenin % 2 adaçayı içeren yağda olduğunu belirtmişlerdir. Adaçayının keskin bir kokuya sahip olması yağda kullanımını sınırlayacağından deodorize edildikten sonra kullanılabileceği ifade edilmiştir. Yapılan denemeler sonunda deodorize edilmiş adaçayının da yağ oksidasyonunu geciktirdiği bildirilmiştir. Diğer taraftan Bensmira ve ark. (2007) ise doğrudan lavanta veya kekik ilave edilmesinin ayçiçek yağının kızartma sıcaklıklarındaki oksidatif stabilitesini artırdığını ve yağın kızartma işlemlerinde kullanılma süresini uzattığını bildirmişlerdir.

Bir başka çalışmada ise Ayadi ve ark. (2009) doğrudan aromatik bitkiler ilave edilen natürel zeytinyağlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ısıya karşı dirençlerini araştırmışlardır. Bu amaçla biberiye, lavanta, adaçayı, reyhan, limon ve kekik % 5 oranında zeytinyağına ilave edilerek 15 gün bekletilmiştir. Aromalandırılmış zeytinyağları hızlandırılmış oksidasyon çalışmasında 60 °C'da 55 gün ve 130 °C'da ise 6 saat bekletilmiştir. Yağların oksidasyona karşı dayanıklılıkları peroksit sayısı, 230 ve 270 nm' llerde UV absorbans, klorofil, karoten ve polifenollerdeki değişim belirlenerek incelenmiştir. En etkili bitkinin biberiye olduğu, bunu sırasıyla kekik ve limonun izlediğini belirlemişlerdir.

Bazı araştırmacılar ise aromatik bitki ve baharatlardan elde edilen çözücü ekstraktlarının hızlandırılmış oksidasyon koşullarında ve kızartma işlemleri sırasında oksidasyonu geciktirici etkiye sahip olduğunu savunmuşlardır. Bu çalışmalardan birinde Abdalla ve Roozen (1999) çeşitli bitki çözücü ekstraktlarının ayçiçek yağının ve bu yağdan hazırlanan emülsiyonun oksidatif stabilitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla limon, oğul otu, kekik ve adaçayı çözücü ekstraktları 600 ve 1200 ppm oranında ayçiçek yağına, 600 ppm oranında ise emülsiyona ilave edilerek 25 gün boyunca 60°C'da hızlandırılmış oksidasyon testine bırakılmıştır. Oksidatif stabilite konjuge dienler ve uçucu oksidasyon ürünleri olan hekzanal ve pentanal miktarları belirlenerek değerlendirilmiştir. Hem yağda, hem de emülsiyonlarda en yüksek antioksidan aktiviteyi adaçayı ekstraktı göstermiştir. Adaçayının 300 ppm BHT'den daha etkili olduğu saptanmıştır.

Diğer taraftan Nor ve ark. (2008) *Pandanus amaryllifolius* bitkisinden elde edilen yaprak ekstraktlarının palm oleindeki antioksidan etkisini hızlandırılmış oksidasyon

testi kullanarak ve derin yağda kızartma sırasında belirlemeye çalışmışlardır. % 0.02 oranında BHT içeren yağ ile kıyaslandığında yaprak ekstraktı ilave edilen yağın daha düşük peroksit sayısı, anisidin değeri, iyot sayısı, serbest yağ asidi gibi değerlere sahip olduğunu saptamışlardır. Bu ekstraktın önemli miktarda polifenolik bileşik içerdiğini ve yüksek sıcaklıkta parçalanmadığını ve sentetik antioksidanların yerine lipit oksidasyonunu önlemede kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Literatürde yer alan araştırmalarda çalışılan bitki ve baharatlar içinde lipit oksidasyonunu önlemede en etkili olan ekstraktın biberiyeden elde edilen ekstrakt olduğu bildirilmektedir. Réblova ve ark. (1999), biberiye ekstraktının palm oleinde patates kızartılması sırasında 180 °C’da polar ve polimer madde oluşumunu, trigliseritlerin parçalanmasını önemli düzeyde düşürdüğünü ve biberiye ekstraktının kızartılan ürünün duyuşal özelliklerini geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Che Man ve Jaswir (2000) ise biberiye ve adaçayı ekstraktlarının derin yağda kızartma işlemleri sırasında palm oleinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonunda 6 günlük kızartma işlemi süresince hem biberiye hem de adaçayı ekstraktlarının yağ oksidasyonunu geciktirdiği bildirilmiştir. Patateslerin duyuşal analizi sonucunda gevreklik skorları dışında diğer duyuşal özelliklerde ekstrakt ilavesinin olumlu etki yaptığı saptanmıştır.

Diğer bir çalışmada Jaswir ve ark. (2000) biberiye ile adaçayı ekstraktının ve sitrik asitin palm oleinin derin yağda tekrarlı kızartma işleminde kullanılması sırasında peroksit sayısı, serbest yağ asidi miktarı, iyot sayısı, konjuge dien değeri, *p*-anisidin değeri, polimer içeriği, rengi ve viskozitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Belirtilen

ekstraktların ve sitrik asitin lipit oksidasyon hızını düşürdüğü rapor edilmiştir. Patates cipslerinin duysal özelliklerini ise geliştirdiği ve en çok beğenilen karışımın % 0.059 biberiye, % 0.063 adaçayı ve % 0.028 sitrik asit olduğu bildirilmiştir.

Nogala-Kalucka ve ark. (2005) kolza yağından elde edilen trigliseritlerin oksidatif stabilitesi üzerine biberiye ekstraktı ve tokoferol izomerlerinin etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla DPPH radikallerini yakalama gücü ile oksidograf ve ransimat cihazları kullanarak indüksiyon periyotlarını belirlemişlerdir. Analizler sonucunda biberiye ekstraktının BHT ile tokoferol izomerleri ve bunların karışımına kıyasla daha etkili bir antioksidan olduğunu saptamışlardır. Lee ve ark. (2004) ise 300 ppm oranında biberiye ekstraktının aspir yağından üretilen fonksiyonel lipitlerin oksidatif stabilitesini artırdığını bildirmişlerdir.

Kimi araştırmacılar da gıdaların işlenmesi sırasında açığa çıkan atıkların antioksidan olarak değerlendirilebileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmalardan birinde Iqbal ve ark. (2008) nar kabuğunun metanol ekstraktının % 92.69 oranında antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu ekstraktın 185 °C’da 80 dakika ısıtma süresi sonunda dahi peroksitlerin oluşumunu % 66.23 oranında önlediğini belirlemişlerdir. Ayçiçek yağının oksidasyonu sırasında en etkili nar ekstraktı oranının ise 1000 ppm olduğu bildirilmiştir. Iqbal ve Bhanger (2007) bir başka çalışmada ise sarımsak ekstraktının ayçiçek yağının stabilizasyonunda kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Sarımsağın metanol ekstraktının 185 °C’da 80 dakika bekletilmesi sonrasında antioksidan aktivitesini kaybetmediği ve BHA’dan daha etkili olduğu saptanmıştır. 65 °C’da etüvde hızlandırılmış oksidasyon testinde peroksit sayısı, konjuge dien ve trien değeri, tiobarbitürik asit-reaktif ürünleri dikkate

alındığında 1000 ppm sarımsak ekstraktının en etkili oran olduğu sonucuna varılmıştır.

Suja ve ark. (2004) ise susam küspe ekstraktının soya yağı, ayçiçek yağı ve aspir yağlarındaki antioksidan aktivitesini Schaal fırın testini kullanarak incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre 5, 10, 50 ve 100 ppm susam keki ekstraktı ilavesi 60  C’da oksidasyon sırasında peroksit sayısı, dien değeri ve *p*-anisidin değerini düşürmede etkili olmuşlardır. Bu ekstraktın denenen tüm konsantrasyonlarda 200 ppm BHT ile karşılaştırıldığında daha iyi antioksidan etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Bitkisel sıvı yağların oksidasyona karşı korunmasında doymamışlığı ne olursa olsun susam keki ekstraktının düşük konsantrasyonlarda dahi etkili olduğu ve sentetik antioksidanların yerine kullanılabileceği bildirilmiştir.

Biberiye ekstraktının derin yağda kızartma işlemi sırasında kızartma yağının bozulmasını geciktirdiği çeşitli araştırmalarda belirlenmiştir. Ancak literatürde biberiye bitkisinin, uçucu yağının ve ekstraktının derin yağda kızartma işlemleri sırasında yağın termal oksidasyonu üzerine etkilerinin kıyaslandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada biberiye bitkisinin, hem de uçucu yağı ile ekstraktının fındık yağının kızartma stabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan rafine fındık yağı Bolu'daki bir marketten, biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) bitkisi ise bir baharatçıdan temin edilmiştir. Dondurulmuş parmak patatesler (0.9 x 0.9 cm x 6/8 cm) ise Bolpat A.Ş.'den (Bolu) alınmıştır. Dondurulmuş parmak patates üretiminde belirtilen ölçülerde kesilmiş olan parmak patatesler haşlama ve kurutma işlemleri sonrasında palm olein içinde ön kızartma işlemine tabi tutulmuştur.

Analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan reaktifler ve çözücüler ise Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma-Aldrich (St Louis, ABD) firmalarından sağlanmıştır. *p*-anisidin reaktifi, 2,2'-dipiridil (99%) ve demir (III) klorür hekzahidrat ise Acros Organics (New Jersey, ABD) firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Biberiye uçucu yağının elde edilmesi

Clevenger cihazı kullanılarak hidrodistilasyon yöntemi ile uçucu yağ elde edilmiştir. Biberiye bitkisi içine karışmış olabilecek dal parçaları ve yabancı maddeler ayıklandıktan sonra 40-50 g ağırlığındaki yapraklar 2 lt hacmindeki Clevenger

balonuna aktarılmış ve yaprakların üzerini örtecek kadar su ilave edilmiştir. Balon ısıtıcısı 350-400 °C'a ayarlanarak 3 saat boyunca kaynatılmıştır. Bu süre içinde biberiye bitkisinde bulunan uçucu yağlar su buharı ile taşınarak damıtma kolonundaki su üzerinde toplanmıştır. Uçucu yağın hacmi belirlendikten sonra kahverengi bir şişeye aktarılmıştır. Uçucu yağ verimi başlangıçtaki biberiye bitkisi miktarı ve elde edilen uçucu yağ hacmi dikkate alınarak % v/w şeklinde hesaplanmıştır. Uçucu yağ içindeki suyu uzaklaştırmak için spatülün ucu ile bir miktar susuz sodyum sülfat ilave edilmiş ve üzerine azot gazı verildikten sonra +4 °C'da muhafaza edilmiştir. Biberiye uçucu yağının 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL konsantrasyonlarda metanol içinde çözeltileri hazırlanmıştır.

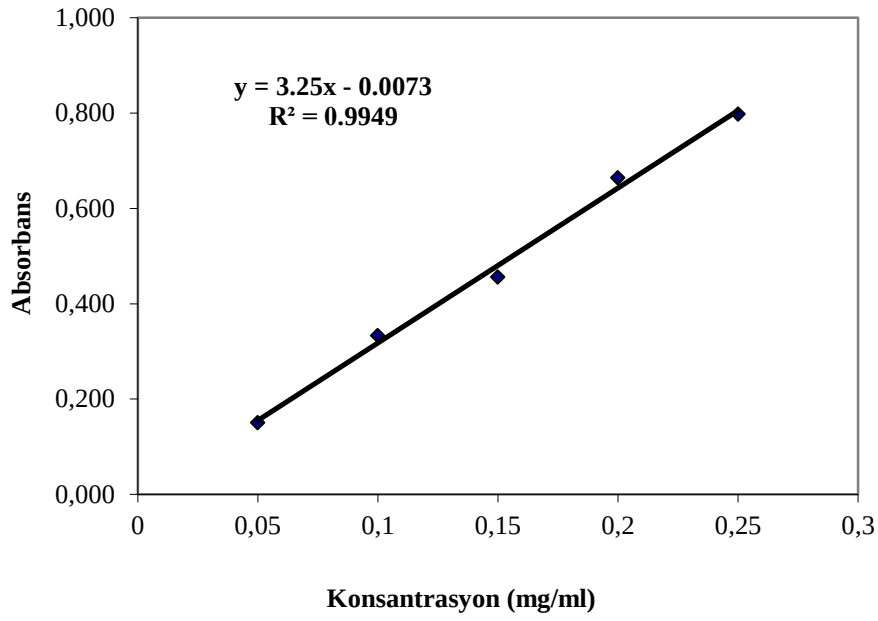
3.2.2. Biberiye etanol/metanol ekstraktlarının elde edilmesi

Biberiye bitkisi içindeki yabancı maddeler ayıklandıktan sonra kahve değirmeni kullanılarak öğütülmüş ve ardından elenmiştir. 50 g öğütülmüş ve elenmiş biberiye 500 mL'lik erlene tartılarak üzerine 200 mL etanol/metanol ilave edilmiş ve çalkalamalı su banyosunda oda sıcaklığında 150 rpm çalkalama hızında 8 saat çalkalanmıştır. Bir gece çözücü içinde bekletildikten sonra Whatman 1 nolu filtre kağıdından filtre edilmiştir. Daha sonra kalıntı üzerine 200 mL daha alkol ilave edilerek 8 saat aynı koşullarda çalkalamalı su banyosunda çalkalanmış ve aynı şekilde bir gece bekletildikten sonra filtre edilmiştir. Filtratlar birleştirilerek döner buharlaştırıcıda 50 °C'da vakum altında çözücü buharlaştırılmıştır. Balon içinde kalan ekstrakt miktarı saptandıktan sonra kazınarak kahverengi bir şişeye aktarılmış ve -18 °C'da muhafaza edilmiştir. Başlangıçta kullanılan biberiye bitkisi miktarı ve elde edilen ekstrakt miktarları göz önünde bulundurularak ekstraksiyon verimleri

% w/w şeklinde hesaplanmıştır. Bu ekstraktlar kullanılarak 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL konsantrasyonlarda etanol veya metanol içinde çözeltileri hazırlanmıştır.

3.2.3. Biberiye uçucu yağı ve ekstraktlarının fenolik madde miktarlarının belirlenmesi

Fenolik madde miktarının belirlenmesinde Folin-Ciocalteu yönteminden yararlanılmış ve analiz Iqbal ve ark. (2008)'e göre gerçekleştirilmiştir. Biberiye uçucu yağının fenolik madde miktarının belirlenmesinde 0.01 g biberiye uçucu yağı 1 mL metanol içinde çözülmüştür. Biberiye ekstraktları ise 0.01 g tartıldıktan sonra 5 mL etanol veya metanol içinde çözülmüştür. Bu çözeltilerden 0.2 mL alınarak üzerine 0.8 mL Folin Ciocalteu reaktifinden (1:3 oranında seyreltilmiş) ilave edilmiştir. Ardından 2 mL % 7.5'lik sodyum karbonat çözeltisi ve 4 mL ultra saf su ilave edilmiştir. Karanlıkta 2 saat bekletildikten sonra 765 nm'de şahite karşılık absorbans okunmuştur. Şahit denemede 0.2 mL etanol veya metanol kullanılmıştır. Fenolik madde miktarları gallik asit cinsinden hesaplanmıştır. Bu amaçla 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25 mg/mL konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Bu çözeltilerin absorbans değerleri yukarıda belirtilen işlemler uygulanarak saptanmıştır. Gallik asit çözeltilerinin konsantrasyonuna karşılık absorbans değerleri grafiğe geçirilerek denklemi $Y=3.25x-0.0073$, ve $R^2=0.9949$ olan bir doğru elde edilmiştir (Şekil 3.1.) Bu kalibrasyon doğrusunun denkleminde yararlanılarak uçucu yağ ve ekstraktlardaki fenolik madde miktarı mg/g şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Ekstraktların fenolik madde miktarlarının hesaplanmasında gallik asit kullanılarak hazırlanan kalibrasyon doğrusu

3.2.4. Biberiye uçucu yağı ve ekstraktlarının antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi

3.2.4.1. DPPH radikallerini yakalama gücünün belirlenmesi

Serbest radikalleri tutma gücü DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 0.025 g/lt konsantrasyonda metanolde hazırlanmış DPPH reaktifinden 3 mL alınarak üzerine 0.05 mL farklı konsantrasyonlardaki (0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL) ekstrakt, uçucu yağ veya antioksidan ilave edilmiştir. Çalkalandıktan sonra 20 dakika karanlıkta bekletilmiş ve 517 nm’de metanole karşılık absorbans okunmuştur (Nor ve ark., 2008). Kontrol denemede aynı işlemler uygulanmış, ancak ekstrakt çözeltisi

yerine 0.05 mL metanol kullanılmıştır. Radikal yakalama gücü aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ DPPH radikallerini yakalama gücü} = ((A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}}) \times 100$$

A_{kontrol} , kontrolün absorbansı; $A_{\text{örnek}}$, örneğin absorbansı

Ekstraktların ve uçucu yağların serbest radikalleri tutma güçleri farklı konsantrasyonlardaki BHT ve α -tokoferol gibi antioksidanların sahip oldukları değerler ile kıyaslanmıştır.

3.2.4.2. Linoleik asit emülsiyonunda konjuge dien metodu ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi

0.02 M linoleik asit emülsiyonunun hazırlanması için 0.2804 g linoleik asit, 0.2804 g Tween 20 tartılarak 0.05 M derişimde pH'sı 7.4 olan potasyum fosfat tamponu ile çözülmüş ve aynı tampon ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Emülsiyonun stabil olması için iyice çalkalanmış ve 2-3 dakika ultrasonik su banyosunda tutulmuştur. Analiz sırasında bu emülsiyondan bir şişe içine 2.5 mL alınarak, üzerine 0.1 mL farklı konsantrasyonlardaki (0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL) uçucu yağ, ekstrakt veya antioksidan ilave edilmiştir. 2.4 mL 0.2 M olan potasyum fosfat tamponundan ilave edildikten sonra tüp karıştırıcı kullanılarak karıştırılmıştır. Aynı işlemler kontrol deneme için de gerçekleştirilmiştir. Şişeler etüvde 37 °C'da karanlıkta kapaksız olarak 16 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon öncesi örnekler ise bekletilmeden analize alınmıştır. Oksidasyon derecelerini saptayabilmek için inkübasyon sonunda her şişeden 100 µl alınarak içinde 6 mL % 60'luk metanol

bulunan tüpe aktarılmıştır. Kuvartz küvet kullanılarak 234 nm’de % 60’lık metanole karşılık absorbans okunmuştur. Yüzde antioksidan aktivite değeri oksidasyon sonrası ve oksidasyon öncesinde saptanan absorbans değerlerindeki değişim göz önünde bulundurularak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Mau ve ark., 2004; Ipbal ve ark., 2008). Ekstraktların ve uçucu yağların antioksidan aktiviteleri farklı konsantrasyonlardaki BHT ve α -tokoferol gibi antioksidanların sahip oldukları değerler ile kıyaslanmıştır.

$$\text{Antioksidan aktivite (\%)} = ((\Delta A_{\text{kontrol}} - \Delta A_{\text{örnek}}) / \Delta A_{\text{kontrol}}) \times 100$$

$\Delta A_{\text{kontrol}}$, kontrolün absorbansındaki değişim; $\Delta A_{\text{örnek}}$, örneğin absorbansındaki değişim

3.2.4.3. β -karoten ağartma metodu ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi

1 mL β -karoten çözeltisi (kloroformda hazırlanmış 0.06 g/10 mL), 60 mg linoleik asit, 600 mg Tween 40 karışımı azot gazı altında çözücünün tamamı uzaklaştırılıncaya kadar tutulmuştur. Üzerine 150 mL damıtık su ilave edilerek, emülsiyonun stabil olması için ultrasonik su banyosunda 2-3 dakika tutulmuştur. Bu şekilde hazırlanan emülsiyon A’dan 4’er mL tüplere aktarılmıştır. Üzerlerine 0.05 mL farklı konsantrasyonlardaki (0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL) uçucu yağ veya ekstrakt eklendikten sonra iyice çalkalanmıştır. Kontrol denemede 4 mL emülsiyon üzerine 0.05 mL metanol eklenmiştir. Spektrofotometre cihazını sıfırlamak için β -karoten içermeyen (20 mg linoleik asit, 200 mg Tween 40 ve 50 mL damıtık su) emülsiyon B’den 4 mL alınarak üzerine 0.05 mL metanol eklenmiştir. t= 0 anında 470 nm’de kontrolün ve ekstrakt/uçucu yağ içeren numunelerin absorbansı okunmuş

ve tekrar tüplere aktarılmıştır. Daha sonra hazırlanan tüpler 50 °C'da su banyosunda 120 dakika inkübasyona bırakılmıştır. 15 dakika aralıklarla su banyosundan alınan numunelerin 470 nm'de absorbansları okunmuştur. Absorbans okuma işlemine 120 dakika boyunca devam edilmiştir. Tüm numuneler ve kontrol için inkübasyonun başlangıcında ve sonunda okunan absorbans değerlerinden yararlanılarak % antioksidan aktiviteleri aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır. Kontrolün absorbans değerinde ekstrakt eklenmiş numunelere kıyasla daha fazla düşme kaydedilmiştir. Ekstraktların ve uçucu yağların antioksidan aktiviteleri farklı konsantrasyonlardaki BHT ve α -tokoferolün aynı koşullardaki antioksidan aktiviteleri ile kıyaslanmıştır (Cheung ve ark., 2003; Kulisic ve ark., 2004). β -karotenin ağartma oranı (R) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$R = \ln(a/b)/t$$

ln, doğal logaritma; a, başlangıçtaki absorbans; b, 120 dakika sonundaki absorbans

Kontrol ve örneğin β -karoten ağartma oranlarından yararlanılarak ekstraktların antioksidan aktiviteleri hesaplanmıştır.

$$\text{Antioksidan aktivite} = ((R_{\text{kontrol}} - R_{\text{örnek}})/R_{\text{örnek}}) \times 100$$

R_{kontrol} , kontrolün ağartma oranı; $R_{\text{örnek}}$, örneğin ağartma oranı

3.2.4.4. Demir iyonlarını indirgeme gücünün belirlenmesi

Farklı konsantrasyonlardaki (0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL) uçucu yağlar ve etanol/metanol ekstraktlarından 0.1 mL alınarak üzerine 2.4 mL 200 mM sodyum

fosfat tamponu (pH 6.6) ve 2.5 mL % 1'lik potasyum ferrisiyanit çözeltisi ilave edilmiştir. 50 °C'da 20 dakika bekletildikten sonra 2.5 mL % 10'luk trikloroasetik asit ilave edilmiştir. Karışım 4000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilip 5 mL üst fazdan alınmış ve 5 mL deiyonize su ve 1 mL % 0.1'lik demir III klorür ilave edilmiştir. 25 dakika bekletildikten sonra, 700 nm'de UV-visible spektrofotometre kullanılarak suya karşı absorbans belirlenmiştir. Aynı koşullarda şahit denemenin de absorbansı belirlenerek örneğin absorbansından çıkarılmıştır. Absorbansın yüksek olması indirgeme gücünün yüksek olduğunu göstermektedir (Mau ve ark., 2004).

Ekstraktların ve uçucu yağların demir iyonlarını indirgeme güçleri farklı konsantrasyonlardaki BHT ve α -tokoferol gibi antioksidanların sahip oldukları değerler ile kıyaslanmıştır.

3.2.5. Belirli konsantrasyonda ekstrakt veya uçucu yağ içeren fındık yağlarının hazırlanması

Ekstrakt veya uçucu yağdan belirli konsantrasyonda (0.25, 0.5, 1 ve 2 mg/g) olacak şekilde hesaplanan miktarda tartılmış, 0.5-1 mL kadar alkol ilave edilerek çözünmesi sağlanmıştır. Ardından üzerine belirli miktarda fındık yağı aktarılmış ve ultrasonik su banyosunda 40 °C'de 20 dakika tutulmuştur. Bu şekilde ekstrakt veya uçucu yağın fındık yağına karışması sağlanmıştır. Üzerine azot gazı verildikten sonra -18 °C'da muhafaza edilmiştir. Kızartmalar için kullanılacak olan biberiye ekstraktı katkılı yağların hazırlanmasında ise ekstraktı çözmek için alkol kullanılmamıştır. Ekstrakt ilave edildikten sonra 20.000 rpm devir hızında homojenizatör ile karıştırılmış ve ekstraktın çözünmesi için yağ 70-80 °C'a ısıtılmıştır.

3.2.6. Biberiye bitkisini içeren fındık yağının hazırlanması

Öğütölmüş ve elenmiş biberiye bitkisi % 1, 3, 5, 10 ve 20 oranlarında (w/w) fındık yağına ilave edilerek 25 °C'daki çalkalamalı su banyosunda 16 saat tutulmuştur. 3 gün boyunca oda sıcaklığında bekletildikten sonra Whatman 1 nolu filtre kâğıdından süzölmüş ve 2.5 L'lik amber renkli cam şişelere aktarılmıştır. Ambalajın tepe boşluğuna azot gazı verilmiş ve -18 °C'da kızartma işleminde kullanıllana kadar muhafaza edilmiştir.

3.2.7. Fındık yağından saflaştırılmış trigliseritlerin elde edilmesi

Saf trigliseritlerin elde edilmesinde Karabulut ve ark. (2008) tarafından uygulanan yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemle göre öncelikle yağda bulunan β -karoten aktif karbon ile muamele edilerek uzaklaştırılmış, ardından yağda bulunan tokoferoller aktive edilmiş nötral alüminyum oksit bulunan cam bir kolon kullanılarak yağdan ayrılmıştır. Bu amaçla 60 g yağ % 6 oranında aktif karbon ile karıştırıldıktan sonra vakum altında 100 rpm karıştırma hızında 300 dakika döner buharlaştırıcıda tutulmuştur. Süre sonunda aktif karbon yağ karışımına eşit hacimde n-hekzan eklenmiş ve karışım kaba filtre kâğıdından süzölmüştür. Tokoferollerin ayrılmasında kullanılacak olan 150 g nötral alüminyum oksit 100 °C'da 16 saat, 220 °C'da ise 8 saat aktive edildikten sonra 150 mL n-hekzan ile bulamaç haline getirilmiş ve ucunda cam pamuk ve içinde 20 mL civarında n-hekzan bulunan 3 x 30 cm boyutlarındaki cam kolona spatöl ile aktarılmıştır. Kolon dolgu maddesinin iyice yerleşmesi ve hava kabarcıklarının uzaklaşması için kolondan 250 mL çözücü 1 mL/dak hızla geçirilmiştir. Filtre edilen yağ çözücü karışımı kolona aktarılmıştır.

Akış hızı değiştirilmeden karışımın tümünün kolondan geçmesi sağlanmıştır. Kolon dolgu maddesi tarafından absorplanan yağın alınabilmesi için kolon 200 mL hekzan ile yıkanmıştır. Kolon ucunda 500 mL'lik bir balonda toplanan karışımdaki çözücü döner buharlaştırıcı kullanılarak vakum altında 40 °C'da uzaklaştırılmıştır. Elde edilen trigliseritlerin saflığının kontrol edilmesi için Wong ve ark. (1988) tarafından uygulanan spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Bu yönteme göre 0.2 g yağ üzerine 5 mL toluen eklenerek çözülmüş, üzerine 3.5 mL 2,2' dipridil (%0.07 w/v, % 95'lik etil alkolde), 1 mL % 95'lik etil alkol ve 0.5 mL demir klorür (% 0.2 w/v, % 95'lik etil alkolde) ilave edildikten sonra 1 dakika içinde 517 nm'de toluene karşılık absorbans okunmuştur. Aynı işlemler yağ kullanılmadan şahit deneme için de yapılmıştır. Ortamda tokoferol olması halinde demir +3, demir +2'ye indirgenmekte ve dipiridil ile pembe renkli bir kompleks oluşturmaktadır. Ortamda tokoferol bulunmadığında renk değişimi gerçekleşmemekte ve demir klorürün sarı rengi korunmaktadır.

3.2.8. Biberiye uçucu yağı, ekstraktı veya bitkisi içeren fındık yağlarının indüksiyon periyotlarının belirlenmesi

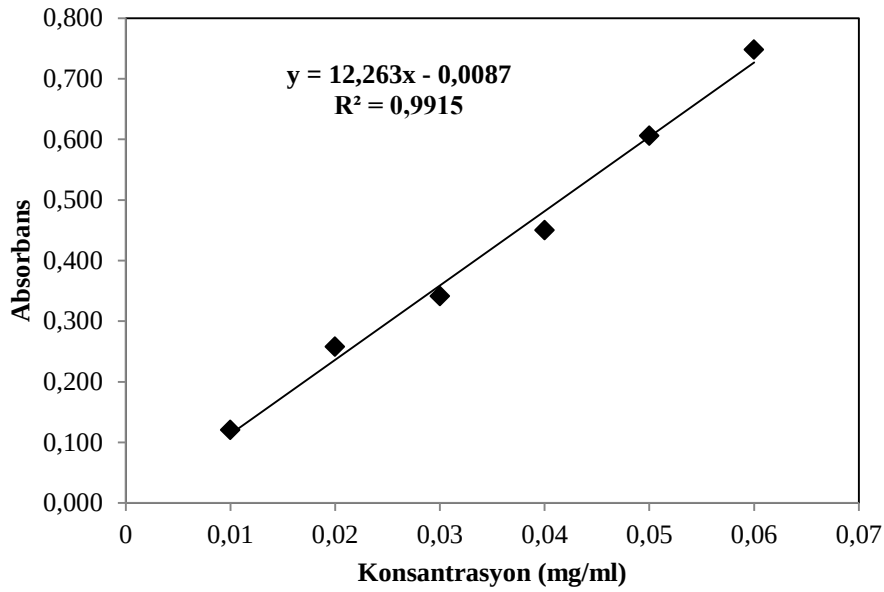
Farklı oranlarda (% 1, 3, 5, 10, 20, w/w) biberiye bitkisi içeren ve farklı konsantrasyonlarda (0.25, 0.5, 1 ve 2 mg/g) biberiye ekstraktı / uçucu yağı içeren fındık yağlarının indüksiyon periyotları DSC cihazı kullanılarak 150 °C'da belirlenmiştir. Kontrol amaçlı olarak katkı içermeyen rafine fındık yağı kullanılmıştır.

Bu amaçla 1.0 ± 0.1 mg örnek sıvı numunelerin analizinde kullanılan alüminyum DSC kaplarına tartılmıştır. DSC kabı fırın içine kapaksız olarak yerleştirilmiştir. Fırın 50 mL/dak akış hızındaki azot gazı (% 99.999 saflıkta) varlığında 50 °C'dan 150 °C'a 10 °C/dak hız ile ısıtılmıştır. 150 °C'a ulaşıldığında azot gazı yerine fırına 50 mL/dak akış hızında oksijen gazı (% 99.99 saflıkta) verilmiş ve analiz süresince 150 °C'da tutulmuştur. Oksidasyon ekzotermik bir reaksiyon olduğundan sabit sıcaklığa ulaşıldığı andan oksidasyon pikinin gözlemlendiği ana kadar geçen süre çalışılan sıcaklıkta indüksiyon periyodunu vermektedir (Suja ve ark., 2004). Ekstrakt eklenmiş olan fındık yağının indüksiyon periyodu kontrolün indüksiyon periyoduna oranlanarak “Koruma Faktörü” hesaplanmıştır. Böylece belirtilen katkıların oksidasyonu önleyici etkileri kontrole kıyasla saptanmıştır.

3.2.9. Biberiye uçucu yağı, ekstraktı veya bitkisi içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarlarının belirlenmesi

Biberiye bitkisi, ekstraktı ve uçucu yağı içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarlarının belirlenmesinde öncelikle fenolik maddeler yağdan Murcovic ve ark. (2004) tarafından uygulanan metot modifiye edilerek ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla 2.5 g yağ tartıldıktan sonra üzerine 2.5 mL metanol eklenmiştir. Tüp karıştırıcı ile 2 dakika karıştırıldıktan sonra fazların ayrılması için 10-15 dakika bekletilmiştir. Üst metanol fazından 0.5 mL alınarak bir tüpe aktarılmıştır. Üzerine 0.8 mL Folin Ciocalteu reaktifi (1:3 oranında damıtık su ile seyreltilmiş) ve 2 mL sodyum karbonat % 7.5 (w/w) ilave edilmiştir. Son hacim 5 mL'ye damıtık su ile tamamlanmıştır. Tüp karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra santrifüj edilmiş ve 2 saat karanlıkta bekletildikten sonra 765 nm'de şahit denemeye karşılık absorbans

okunmuştur. Aynı koşullarda 0.01-0.30 mg/mL konsantrasyon aralığındaki gallik asit standart çözeltilerinin absorbansları belirlenerek kalibrasyon doğrusu oluşturulmuştur (Şekil 3.2.) Kalibrasyon doğrusunun denkleminde ($Y=12.263x-0.0087$ ve $R^2=0.9915$) yararlanarak biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı eklenmiş olan yağların fenolik madde miktarları mg/kg olarak hesaplanmıştır (İqbal ve ark., 2008).



Şekil 3.2. Biberiye katkıları içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarlarının hesaplanmasında kullanılan kalibrasyon doğrusu

3.2.10. Derin yağda kızartma işlemi

Antioksidan aktivite deneyleri ile indüksiyon periyodu sonuçları değerlendirilerek % 1 ve % 5 (w/w) oranda biberiye bitkisi ve 1 mg/g konsantrasyonda biberiye uçucu yağı/ekstraktı içeren fındık yağlarının kızartmalarda kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca uçucu yağ veriminin ekstrakt verimlerine kıyasla oldukça düşük olması nedeni ile 0.25 mg/g biberiye uçucu yağı içeren fındık yağı da kızartma işlemlerinde

kullanılmıştır. Derin yağda kızartma işlemleri için 1 lt yağ hacmine sahip olan mutfak tipi fritöz kullanılmıştır.

Kızartma işlemlerinde dondurulmuş 0.9 x 0.9 x 6/8 cm boyutlarındaki şerit kesilmiş parmak patatesler kullanılmıştır. Kızartma işlemleri bazı modifikasyonlar uygulanarak Che Man ve Jaswir (2000)'e göre gerçekleştirilmiştir. Kızartmalarda kullanılacak olan yağlardan 100 g örnek alınarak azot gazı verildikten sonra -18 °C'da saklanmıştır. Kalan yağ 10 dakika içinde 180± 5 °C'a ısıtılmıştır. İlk kızartma işlemi yağ sıcaklığı 180 °C'a ulaştıktan 30 dakika sonra yapılmıştır. Dondurulmuş parmak patatesler 100±1 g ağırlığında tartıldıktan sonra poşetlere konulmuş ve kızartmalar yapılincaya kadar -18 °C'da derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Kızartma işleminden 10 dakika önce dondurucudan çıkarılmıştır. Kağıt havlu ile kurulandıktan sonra 100 g patates 180 ± 5 °C sıcaklıkta 3 dakika kızartılmıştır. Kızartma sonrası patateslere yapışan yağın sepet sallanarak iyice süzülmesi sağlanmıştır. Kızartma işlemi esnasında ve bekleme aşamalarında fritözün kapağı kapalı tutulmuştur. Bir sonraki kızartma işlemi için yağ 180 °C'a ısıtılmış ve 30 dakika sonrasında ikinci kızartma işlemi uygulanmıştır. Bu şekilde aynı gün içinde 10 defa ardarda patates kızartılmıştır. Gün sonunda fritözdeki yağın 60 °C'a kadar soğuması sağlanmış ve filtre edildikten sonra 100 mL yağ kahverengi şişeye aktarılmış, üzerine azot gazı verildikten sonra analizler gerçekleştirilene kadar -18 °C'da bekletilmiştir. Kızartma işlemleri 6 gün boyunca aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Numune olarak alınan ve patates tarafından absorblanan yağın yerine her gün başında taze yağ eklenmiştir. Tasarlanan bu kızartma planı ile fındık yağı günde yaklaşık 6 saat olmak üzere 6 günde toplam 36 saat 180 ± 5 °C'da

tutulmuştur. Ayrıca aynı yağda 60 defa kızartma işlemi yapılmıştır. Kontrol olarak rafine fındık yağı kullanılmıştır.

3.2.11. Kızartma işlemi sırasında yağda gerçekleştirilen analizler

Her gün sonunda alınan yağların serbest yağ asidi içeriği, konjuge dien miktarı, *p*-anisidin değeri, polar madde içeriği, viskozitesi ve renginde gerçekleşen değişim incelenmiştir. Ayrıca, kızartmaların başlangıcındaki ve 6. gün sonunda alınan yağ numunelerin yağ asidi bileşimi belirlenmiştir. Başlangıçtaki, 3. ve 6. gün sonlarında alınan numunelerin ise indüksiyon periyotları DSC ile belirlenerek katkıların oksidatif stabilite üzerine etkisi araştırılmıştır.

Genel olarak derin yağda kızartma işlemleri sırasında gerçekleşen termik oksidasyon ve hidroliz sonucu yağın serbest yağ asidi içeriği, polar madde miktarı, konjuge dien miktarı ve *p*-anisidin değeri artarken, C18:2/C16:0 ile C18:1/C16:0 oranları azalmaktadır. Bunlara ilave olarak, kızartma süresi arttıkça oluşan oksidasyon ürünleri (polimerler ve dimerler) nedeniyle yağın rengi koyulaşmakta ve viskozitesi artmaktadır (Réblova ve ark., 1999; Che Man ve Jaswir, 2000; Jaswir ve ark., 2000; Bensmira ve ark., 2007).

3.2.11.1. Yağ asidi bileşimi

Kızartma başlangıcında ve 6. gün sonunda alınan numunelerinin yağ asidi bileşimi Shimadzu GC 2010 gaz kromatografisi cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Kolon olarak 60 m uzunluk, 0.25 mm iç çapında ve 0.20 µm film kalınlığındaki kapiler

kolon (Teknokroma Phase TR-CN 100, Barcelona, Spain) kullanılmıştır. Enjeksiyon ve dedektör sıcaklıkları 250 °C'a ayarlanmıştır. Analiz süresince fırın 90 °C'de 5 dak tutulmuş, 90 °C'den 240 °C'ye 4 °C/dak hızla ısıtılmış, 240 °C'de ise 10 dak tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak yüksek saflıkta azot gazı kullanılmış olup akış hızı 1 mL/dak'dır. Enjeksiyon miktarı 1 µl olup, split oranı 1:50'dir. Piklerin tanımlanmasında yağ asidi metil ester standart çözeltisi (37 FAME mix, Sigma-Aldrich, St Louis, USA) kullanılmıştır. Yağ asidi bileşimi alan yüzdelerinden yararlanılarak % oranları şeklinde verilmiştir.

3.2.11.2. C18:2/C16:0 ile C18:1/C16:0 oranları

Yağ asidi bileşimi sonuçlarından yararlanılarak linoleik asit (C18:2) yüzde oranı palmitik asit (C16:0) yüzde oranına bölünerek C18:2/C16:0 oranı hesaplanmıştır. Benzer şekilde oleik asit (C18:1) yüzde oranı palmitik asit (C16:0) yüzde oranına bölünerek C18:1/C16:0 oranı da hesaplanmıştır. Bu şekilde fındık yağında bulunan doymamış yağ asitlerinde kızartma sırasında gerçekleşen değişim göreceli olarak saptanmıştır (Onal-Ulusoy ve ark., 2007).

3.2.11.3. Serbest yağ asitleri miktarı (%)

Kızartmaların başlangıcında ve kızartmalar süresince gün sonunda alınan yağ örneklerinin serbest yağ asidi miktarları belirlenmiştir. Serbest yağ asitlerinin miktarının tespit edilmesinde AOCS (1998) Ca 5a-40 metodu modifiye edilerek uygulanmıştır. 1 g yağ tartılarak üzerine 10 mL sıcak etil alkol eklenmiş, %1'lik

fenolftalein indikatörü eşliğinde 0.01 N NaOH ile titre edilmiştir. Serbest yağ asidi miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ serbest yağ asidi (oleik asit cinsinden)} = V \times N \times 28.2 / \text{örnek miktarı}$$

V, titrasyonda harcanan alkalinin hacmi; N, alkalinin normalitesi

3.2.11.4. Polar madde miktarındaki değişim

Bu çalışmada polar madde miktarındaki değişim Miroil Optifry kızartma yağı test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu cihazda yağın dielektrik sabitinde gerçekleşen değişim belirlenmektedir. Cihazın kalibrasyonunda taze rafine fındık yağı kullanılmıştır. Ölçüm sırasında rafine fındık yağının polar madde miktarı sıfır olarak kabul edilmiş ve kızartma sırasında polar madde miktarındaki değişim saptanmıştır.

3.2.11.5. Renk

Kızartma sırasında alınan yağ numunelerinin rengindeki değişim Minolta (Osaka, Japonya) renk tayin cihazı kullanılarak CIE-L* a* b* renk sistemi ile belirlenmiştir. Cihaz kullanım öncesi siyah ve beyaz seramik plakalar ile kalibre edilmiştir. Cihazda a* kırmızı-yeşil rengi verirken, b* sarı-mavi rengi, L* ise aydınlık ve karanlık değerini vermektedir. Kızartma süresince her gün sonunda alınan yağ numunelerinin L*, a* ve b* değerleri ve başlangıçtaki değerlerden yararlanılarak aşağıdaki formüle göre toplam renk farkı (TRF) hesaplanmıştır (Troncoso ve ark., 2009).

$$TRF = \sqrt{(L_o^* - L_t^*)^2 + (a_o^* - a_t^*)^2 + (b_o^* - b_t^*)^2}$$

L_o^* , a_o^* , b_o^* : Kızartma öncesi yağların L^* , a^* , b^* değerleri

L_t^* , a_t^* , b_t^* : Her gün sonunda alınan yağların L^* , a^* , b^* değerleri

3.2.11.6. Viskozite

Kızartma sırasında alınan yağ örneklerinin viskoziteleri 30 °C’da And SV-10 Vibro Viskozimetre (Malvern Instruments Ltd., İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir. Yağ numuneleri 8 saat 30 °C’da etüvde bekletilmiştir. Analiz öncesi etüvden alınarak sirkülasyonlu su banyosu bağlı olan viskozimetre hücresindeki numune kabına aktarılmıştır. 30 ± 1°C’deki suyun hücrenin iç cidarından geçirilmesi sayesinde analiz süresince sıcaklığın sabit tutulması sağlanmıştır.

3.2.11.7. Konjuge dien miktarı (%)

Kızartma sırasında alınan numunelerin konjuge dien miktarları AOCS (1998) Ti 1a-64’e göre bazı modifikasyonlar uygulanarak UV-visible spektrofotometrede 232 nm’de belirlenmiştir. 0.005-0.01 g yağ tartılarak 10 mL hekzanda çözülmüş ve kuartz küvet kullanılarak UV-Visible spektrofotmetrede 232 nm’de absorbans belirlenmiştir. Absorbans değeri 0.8’in üzerinde olduğunda gerekli seyreltmeler gerçekleştirilmiştir. Konjuge dien değeri absorbans değeri konsantrasyon ve küvet kalınlığı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ konjuge dien miktarı} = 0.84 ((A/bC) - K_o)$$

A, örnek absorbansı; b, küvet kalınlığı, cm; C, örnek konsantrasyonu (g/l); K_o, absorptivite, 0.07

3.2.11.8. *p*-anisidin değeri

p-anisidin değeri AOCS (1998) Cd 18-90'e göre bazı modifikasyonlar yapılarak UV-visible spektrofotometre cihazında saptanmıştır. 0.1-0.4 g yağ 10 mL izooktana çözüldükten sonra 350 nm'de absorbansı (Ab) izooktana karşı ölçülmüştür. Bu çözeltiden 5 mL alınarak bir şişeye aktarılmış üzerine 1 mL *p*-anisidin çözeltisi (2.5 g/l, glasiyel asetik asitte hazırlanmış) ilave edilmiştir. Şahit olarak başka bir tüpe de 5 mL izooktan konulmuş, *p*-anisidin reaktifinden 1 mL ilave edilmiştir. Çalkalandıktan sonra 10 dakika karanlıkta bekletilmiş ve ardından 350 nm'de şahite karşılık örneğin absorbansı (As) okunmuştur. Hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılmıştır.

$$p\text{-anisidin değeri} = (10 \times (1.2 \times As - Ab)) / m$$

As, *p*-anisidin ile reaksiyon sonrası yağın absorbansı; Ab, yağ çözeltisinin absorbansı; m, yağ miktarı.

3.2.12. Kızartılmış patateslerde gerçekleştirilen analizler

Kontrol (herhangi bir ilave yapılmayan fındık yağı) ile % 5 (w/w) oranda biberiye bitkisi ve 1 mg/g konsantrasyonda biberiye uçucu yağı ve etanol ekstraktı içeren fındık yağlarında aynı koşullarda iki tekrarlı olarak patates kızartılmıştır. Kızartmalar sonrasında patateslerin kuru madde ve yağ miktarları, renkleri ve tekstür analiz

cihazı ile tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca Gıda Mühendisliği bölümü öğrencilerinden oluşan bir gruba duyusal analiz yaptırılmıştır.

3.2.12.1. Kuru madde ve nem miktarları

Kızartılmış patates dilimi bıçak ile kesildikten sonra 5 g kadar daha önceden darası belirlenmiş olan kurutma kaplarına tartılmıştır. 105 ± 2 °C'deki etüvde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiş, desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Kızartılmış patateslerin % nem ve kuru madde miktarları hesaplanmıştır.

3.2.12.2. Absorplanan yağ miktarı

Kızartılmış patateslerin ne kadar yağ absorbe ettiğini anlamak için 5 g parmak patates bir şişeye tartılmıştır. Bir spatül ile iyice ezilmesi sağlandıktan sonra üzerine 20 mL 1:1:0.8 (v/v/v) oranında kloroform/methanol/su karışımından eklenmiştir. İyice karıştırılıp 1 saat kadar bekletildikten sonra darası belirli olan bir şişeye kaba filtre kağıdından filtre edilmiştir. Filtre kağıdının üzerinde kalan kısım başka bir şişeye alınarak kalmış olabilecek yağı almak üzere 20 mL 2:1:0.8 (v/v/v) oranında kloroform/methanol/su karışımından eklenmiştir. Bekletildikten sonra aynı şekilde filtre edilmiş ve filtratlar birleştirilmiştir. Üstteki metanol/su fazı bir pastor pipeti ile alınarak uzaklaştırılmış, alttaki kloroform fazı üzerine azot gazı verilerek kloroformun buharlaşması sağlanmıştır. Kalıntı yağdan oluşmakta olup etüvde 70 °C'da 1 saat bekletilip desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak yağ miktarı belirlenmiştir (Troncoso ve ark., 2009).

3.2.12.3. Duyusal analiz

Biberiye etanol ekstraktı, uçucu yağı ve bitkisi içeren fındık yağlarında 180 ± 5 °C’da 100 g patates kızartılmıştır. Kızartılmış patatesler A.İ.B.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden oluşan 24 panalist tarafından değerlendirilmiştir. Analiz öncesi panalistler analiz konusunda bilgilendirilmiştir. Her örnek üç basamaklı rakamlar ile rastgele numaralandırılmıştır. Panalistlere duyusal analiz sonuçlarını yazacakları bir form verilerek, kızarmış patatesleri görünüşü, gevrekliği, tadı, kokusu ve kabul edilebilirliği bakımından 1 ile 7 arasında değişen skalada değerlendirmeleri istenmiştir (Che Man ve Jaswir, 2000).

3.2.12.4. Tekstür analizi

Kızartılmış parmak patateslerin tekstür analizleri TA-HD Plus tekstür analiz cihazı (Texture Technologies Corp., New York, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu cihazda, 2 parti halinde kızartılan 100 g patatese delme ve kesme testleri uygulanmıştır. Delme testinde 2 mm çapındaki P/2 silindirik uç kullanılmıştır. Yük hücresi ise 30 kg ağırlığındadır. Probun test öncesi hızı 2 mm/s, delme sırasında hızı 1 mm/s ve test sonrası hızı ise 10 mm/s olarak ayarlanmıştır. Silindirik prob delme sırasında 5 mm kadar patates içine girmiştir. Maksimum delme kuvveti, kızartılmış patates diliminin yüzeyindeki dış tabakayı delmek için gerekli kuvvettir. Analiz sırasında kızartmadan hemen sonra 5 dakika içinde patateslere delme testi uygulanmıştır.

Kesme testi ise “Warner bratzler blade v” bıçağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bıçağın test öncesi hızı 2 mm/s, delme sırasında hızı 2 mm/s ve test sonrası hızı ise 10 mm/s olarak ayarlanmıştır. Yük hücresi ise 30 kg ağırlığındadır. Analiz sırasında bir dilim patatesi kesmek için gerekli maksimum kesme kuvveti, N olarak ölçülmüştür. Kızartmadan hemen sonra 5 dakika içinde patateslere kesme testi uygulanmıştır. Patates dilimlerinin tam ortasından kesilmesi sağlanmış ve uzunlukları birbirine yakın olan patates dilimleri analizde kullanılmıştır.

3.2.12.5. Renk analizi

Kızartılmış patateslerde renk analizi Minolta CR-400 (Osaka, Japonya) renk tayin cihazı ile yapılmıştır. Cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra patates dilimlerinin rengi L*, a* ve b* renk skalasına göre belirlenmiştir. L* rengin açıklık ve koyuluğunu, a* rengin kırmızı veya yeşil, b* ise sarı veya mavi olma durumunu göstermektedir.

3.3.13. İstatistiksel değerlendirme

Analiz sonuçları SPSS 18.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Kızartma işlemi sırasında alınan numuneler iki tekrarlı analiz edilmiştir. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Ortalama değerler arasındaki farklılık ANOVA ve Duncan testi kullanılarak % 5 güven aralığında saptanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının Fenolik Madde Miktarları ve Ekstraksiyon Verimleri

Çizelge 4.1’de hazırlanan ekstraktların ve biberiye uçucu yağının fenolik madde miktarları ve ekstraksiyon verimleri verilmiştir. Çözücü ekstraktları için ekstraksiyon verimleri etanol ve metanol ekstraktı için sırasıyla 16.3 ve 18.7 g/100 g olarak belirlenmiştir. Uçucu yağ verimi ise 1.9 mL/100 g’dır. Görüldüğü gibi en fazla ekstraksiyon verimi metanol kullanıldığında gerçekleşmiştir. Baharatların sahip oldukları uçucu yağ miktarları oldukça düşüktür.

Çizelge 4.1. Uçucu Yağ ve Ekstraktların Fenolik Madde Miktarları ve Ekstraksiyon Verimleri

	Verim		Fenolik madde miktarları (mg gallik asit /g ekstrakt)	
Biberiye etanol	16.3	±0.5 (g/100 g)	104.6	±2.5b
Biberiye metanol	18.7	±0.1 (g/100 g)	172.3	±6.3c
Biberiye uçucu yağı	1.9	±0.2 (mL/100 g)	7.1	±0.7a

a-c, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).
Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Lagouri ve ark. (2009) biberiye bitkisinden metanol ile ekstraksiyon yapıldığında ekstraksiyon veriminin % 19.4 olduğunu bildirmişlerdir. Bousbia ve ark. (2009) ise biberiye uçucu yağından hidrodistilasyon yöntemi kullanıldığında ekstraksiyon veriminin % 0.35 olduğunu bildirmişlerdir.

Fenolik madde miktarları kıyaslandığında biberiye metanol ekstraktı gallik asit cinsinden en fazla (172.3 ± 6.3 mg/g) fenolik maddeye sahiptir. Biberiye metanol ekstraktını 104.6 ± 2.5 mg/g ile etanol ekstraktı izlemiştir. En düşük fenolik madde miktarına ise biberiye uçucu yağı (7.1 ± 0.7 mg/g) sahip olmuştur.

Lagouri ve ark. (2009) biberiye ekstraktının toplam fenolik madde miktarının 129.5 mg kafeik asit/g ekstrakt olduğunu belirlemişlerdir. Muchuweti ve ark. (2007) ise biberiye ekstraktının vanilik asit, kafeik asit, *p*-kumarik asit gibi fenolik asitlere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarının ise 1 g kuru biberiye için gallik asit cinsinden 10 mg olduğunu saptamışlardır. Erkan ve ark. (2012) biberiye ekstraktının % 6 karnosik asit, % 8 ise rosmarinik asit içerdiğini bildirmişlerdir.

Bousbia ve ark. (2009) hidrodistilasyon ile elde edilen biberiye uçucu yağının % 68.55 monoterpen hidrokarbonlardan, % 24.87 oksijen içeren monoterpenlerden, % 1.91 seski terpenlerden ve % 1.03'de oksijen içeren seskiterpenlerden oluştuğunu bildirmişlerdir. Biberiye uçucu yağının en fazla monoterpen hidrokarbonlardan olan α -pinen bileşiğini, % 7.82 oranında ise oksijen içeren monoterpenlerden kamfor (% 44.05) içerdiği saptanmıştır.

Wang ve ark. (2008) biberiye uçucu yağının % 27.23 oranında 1,8-sineol, % 19.4 oranında α -pinen, %14.26 kamfor, % 11.52 kamfen, ve % 6.71 oranında ise β -pinen içerdiğini bildirmişlerdir.

4.2. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının Linoleik Asit Emülsiyonunda Konjuge Dien Metodu ile Antioksidan Aktiviteleri

Fenolik bileşikler antioksidan özelliğe sahip olup, lipid oksidasyonunu hızlandıran metal iyonlarını bağlama yani şelat özelliğine sahiptirler. Lipitlerin oksidasyonu sırasında serbest radikallere hidrojen atomu veya elektron vererek radikal zincir tepkimesini sonlandırabilmektedirler (Muchuweti ve ark., 2007).

Biberiye etanol ekstraktının yaklaşık % 10-20 oranda fenolik yapıda aktif antioksidanlara sahip olduğu bildirilmektedir. Taze biberiye yapraklarında esas fenolik yapıdaki diterpenin karnosik asit olduğu, ekstraksiyon sırasında karnosol veya karnosolün degradasyon ürünleri olan γ - ve δ - lakton yapısındaki diğer diterpenlere dönüştüğü ifade edilmektedir. Oluşan ikincil bileşiklerin karnosik asite kıyasla daha lipofilik olduğu ve yağlarda antioksidan olarak kullanılabileceği belirtilmektedir. Bu bileşikler kızartma sıcaklıklarında da yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmaktadır. Yapılan çalışmalarda rosmanol ve karnosolün α -tokoferolden daha yüksek aktiviteye sahip oldukları da ortaya konmuştur (Nogala-Kalucka ve ark., 2005).

Farklı konsantrasyonlardaki biberiye uçucu yağı, biberiye ekstraktları ile BHT ve α -tokoferol çözeltilerinin antioksidan aktiviteleri linoleik asit emülsiyonunda konjuge dien metodu ile belirlenmiştir. Linoleik asit model sisteminde, linoleik asitin otoksidasyon hızı konjuge dienlerin artışı ve örnekteki linoleik asit içeriğindeki düşme ile saptanmaktadır. Linoleik asitin otoksidasyonu oksidasyonun erken

devrelerinde 234 nm’de absorbans artışına neden olan hidroperoksitlerin oluşumu ile izlenmektedir (Nor ve ark., 2008).

Biberiye etanol ve metanol ekstraktları, uçucu yağları ile sentetik ve doğal antioksidanların linoleik asit emülsiyonunda antioksidan aktiviteleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Geniş bir konsantrasyon aralığında (0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20 mg/mL) çözeltiler hazırlanarak konsantrasyonun antioksidan aktivite üzerine etkisi saptanmaya çalışılmıştır. Konsantrasyonlar arası antioksidan aktivitedeki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek antioksidan aktiviteye tüm konsantrasyonlarda BHT sahip olmuştur. Biberiye etanol, biberiye metanol ekstraktları ve biberiye uçucu yağları antioksidan aktivite açısından hem BHT hem de α -tokoferol ile yarışabilecek değerlere sahip olmuşlardır.

Çizelge 4.2. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT’nin linoleik asit emülsiyonunda antioksidan aktiviteleri (%)

Konsant. (mg/mL)	Biberiye etanol	Biberiye metanol	Biberiye uçucu yağı	α -tokoferol	BHT
0.25	98.9 $\pm$ 1.7cdAB	98.8 $\pm$ 1.5abcAB	95.1 $\pm$ 0.8bC	97.0 $\pm$ 0.7abBC	100.5 $\pm$ 0.1abA
0.5	97.7 $\pm$ 1.8dAB	98.5 $\pm$ 0.4bcAB	96.2 $\pm$ 1.4abB	96.0 $\pm$ 0.7abcB	99.6 $\pm$ 0.1bcdA
1	98.6 $\pm$ 0.1cdAB	100.0 $\pm$ 0.9abcA	96.6 $\pm$ 1.7abBC	95.6 $\pm$ 0.9bcC	100.2 $\pm$ 1.0abcA
2	100.8 $\pm$ 1.0bcA	98.8 $\pm$ 0.2abcB	98.7 $\pm$ 0.9aB	95.9 $\pm$ 0.0abcC	99.2 $\pm$ 0.6dAB
5	99.3 $\pm$ 0.7bcdAB	100.2 $\pm$ 0.4abA	98.6 $\pm$ 1.4aAB	97.1 $\pm$ 1.1abB	99.4 $\pm$ 0.3cdA
10	101.1 $\pm$ 0.5abcA	100.2 $\pm$ 0.1abAB	99.1 $\pm$ 1.1aB	97.5 $\pm$ 0.4aC	100.6 $\pm$ 0.0aAB
15	101.9 $\pm$ 0.5aA	100.9 $\pm$ 1.1aAB	98.7 $\pm$ 1.1aC	94.9 $\pm$ 0.4cD	99.4 $\pm$ 0.1cdBC
20	101.5 $\pm$ 0.6abA	98.0 $\pm$ 1.0cB	98.4 $\pm$ 0.6aB	95.8 $\pm$ 0.9abcC	99.4 $\pm$ 0.2cdB

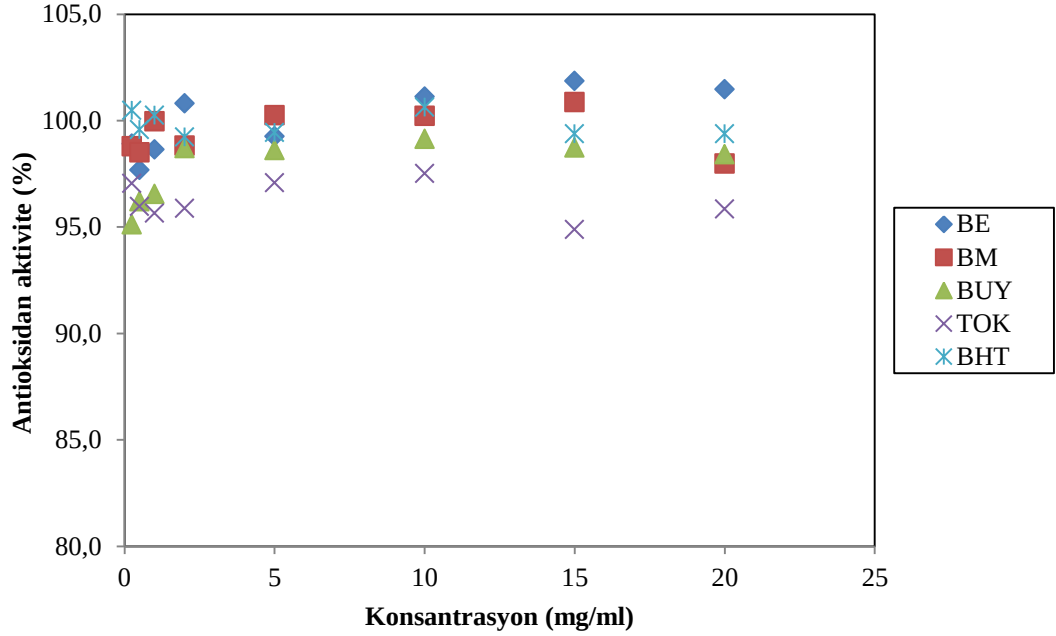
A-C, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

a-d, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Konsantrasyon artışı % antioksidan aktivite değerlerinde çok az değişime neden olmuştur. Çalışılan tüm denemelerin 0.25 mg/mL konsantrasyonda dahi % 95’in üzerinde antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle 0.25, 0.5 veya

1 mg/mL konsantrasyonlardaki biberiye uçucu yağı ve ekstraktı ile çalışmak yeterli olacaktır. Belirtilen konsantrasyonlarda ekstrakt veya uçucu yağ içeren fındık yağları hazırlanarak indüksiyon periyotları belirlenmiştir.



BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı; BUY, biberiye uçucu yağı; TOK, tokoferol; BHT, bütillendirilmiş hidroksi toluen

Şekil 4.1. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin linoleik asit emülsiyonunda antioksidan aktiviteleri (%)

4.3. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının β -Karoten Ağartma Metodu ile Saptanan Antioksidan Aktiviteleri

β -karoten ağartma metodun esası, bir emülsiyonda linoleik asitin oksidasyonu sonucu oluşan aktif radikallerin β -karotenin sarı renginin açılmasına neden olmasına dayanmaktadır. β -karotenin renginin ağartma-açılma hızı antioksidanların varlığına bağlı olarak yavaşlamaktadır. Antioksidanın aktivitesi ne kadar yüksek ise β -karotenin rengi o derecede korunmaktadır (Kulisic ve ark., 2004). Bu gerçekten

yola çıkılarak çalışılan konsantrasyonlarda hazırlanan uçucu yağ, ekstraktlar ve sentetik ile doğal antioksidanların % antioksidan aktiviteleri hesaplanmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye uçucu yağı, ekstraktları, BHT ve α -tokoferol çözeltilerinin β -karoten ağartma metodu ile saptanan antioksidan aktiviteleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT’nin β -karoten ağartma testi antioksidan aktive değerleri (%)

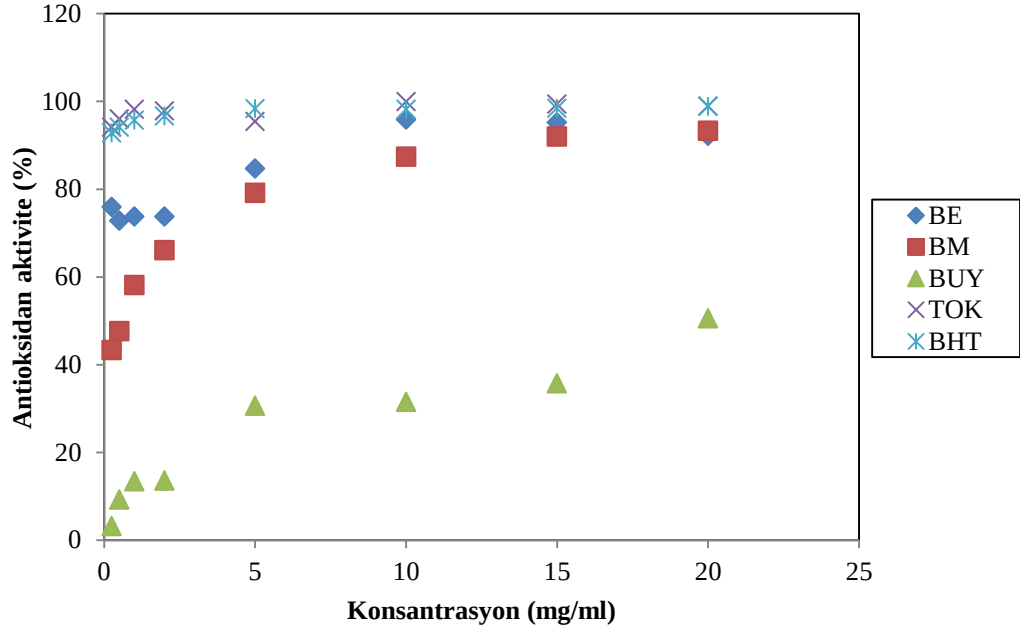
Konsantrasyon (mg/mL)	Biberiye etanol	Biberiye metanol	Biberiye uçucu yağı	α -tokoferol	BHT
0.25	75.9±0.7cB	43.3±1.4fC	3.2±1.4cD	94.1±0.1bA	92.8±0.5cA
0.5	72.8±0.8cB	47.6±3.0fC	9.2±2.9cD	96.0±1.4abA	94.1±0.9c
1	73.7±4.0cB	58.1±2.6eC	13.4±2.2cD	98.2±0.8abA	95.7±0.6b
2	73.7±5.2cB	66.1±2.5dB	13.5±0.4cC	97.8±4.8abA	96.6±0.3bA
5	84.7±0.1bB	79.1±2.8cB	30.6±3.9bC	95.4±0.8abB	98.3±0.0aA
10	95.8±4.4aA	87.4±1.5bA	31.5±9.8bB	99.9±2.4aA	98.2±0.4aA
15	95.2±2.6aAB	92.0±0.1abB	35.7±3.6bC	99.3±1.9abA	98.4±0.3aA
20	92.1± aB	93.3±2.6aB	50.5±2.2aC	98.9±2.3abA	98.8±1.2aA

A-C, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

a-f, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Veriler incelendiğinde 0.25-15 mg/mL konsantrasyon aralığında biberiye etanol ekstraktının metanol ekstraktına kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. Örneğin 0.25 mg/mL konsantrasyonda etanol ekstraktı için antioksidan aktivite % 75.9 iken, metanol ekstraktı için % 43.3 olarak saptanmıştır. Biberiye uçucu yağı ise ekstraktlara kıyasla oldukça düşük antioksidan aktivite sergilemiştir. Uçucu yağ için 20 mg/mL konsantrasyonda ulaşılan antioksidan aktivite değeri % 50.5 olup, tüm konsantrasyonlarda etanol ekstraktının sahip olduğu değerlerden daha düşük olmuştur.



BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı; BUY, biberiye uçucu yağı; TOK, tokoferol; BHT, bütillendirilmiş hidroksi tolueen

Şekil 4.2. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin β -karoten ağartma testi antioksidan aktivite değerleri (%)

Linoleik asitli sistemde konjuge dien metodu ile elde edilen bulguların aksine uçucu yağ, veya ekstrakt konsantrasyonundaki artış belirgin olarak antioksidan aktivitenin artmasına neden olmuştur. Bu değişim istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ekstraktlar 10, 15 ve 20 mg/mL konsantrasyonlarda BHT ve α -tokoferole yakın değerler sergilemişlerdir. BHT ve α -tokoferolün antioksidan aktivite değerleri karşılaştırıldığında 0.25-5 mg/mL konsantrasyon aralığında α -tokoferolün BHT'ye kıyasla daha yüksek değerlere sahip oldukları gözlenmektedir.

4.4. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının DPPH Radikallerini Yakalama Güçleri

Lipit oksidasyonu sırasında oluşan bazı radikal türleri ($\cdot\text{OH}$, $\text{O}_2\cdot^-$, $\text{L}\cdot$, $\text{LOO}\cdot$, $\text{LO}\cdot$ gibi) farklı reaktiviteye sahip olmaktadır. Çeşitli araştırmalarda özellikle bazı bitki ekstraktlarının antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde stabil bir radikal olan DPPH $\cdot$ radikali sıklıkla kullanılmaktadır. Bu metot hidrojen verici bir antioksidan varlığında alkolde hazırlanmış DPPH $\cdot$ çözeltisinin indirgenmesine dayanmaktadır (Kulisic ve ark., 2004).

Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α - tokoferol ve BHT'nin DPPH radikallerini yakalama güçleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.3'de verilmiştir. Görüldüğü gibi 0.25-10 mg/mL konsantrasyon aralığında biberiye metanol ekstraktları biberiye etanol ekstraktlarından daha yüksek DPPH radikallerini yakalama gücüne sahip olmuşlardır. Daha yüksek konsantrasyonlarda ise benzer aktivitelere sahip olmuşlardır. Biberiye etanol ekstraktlarının DPPH radikallerini yakalama gücü güçleri % 13.1 ile % 95.0 arasında değişirken, biberiye metanol ekstraktları % 21.8 ile % 93.9 arasında değişmiştir. Her iki ekstrakt da 2 mg/mL konsantrasyonun üzerinde iken % 90'ın üzerinde radikal iyonlarını yakalama gücüne sahip olmuştur. 5-20 mg/mL aralığında istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

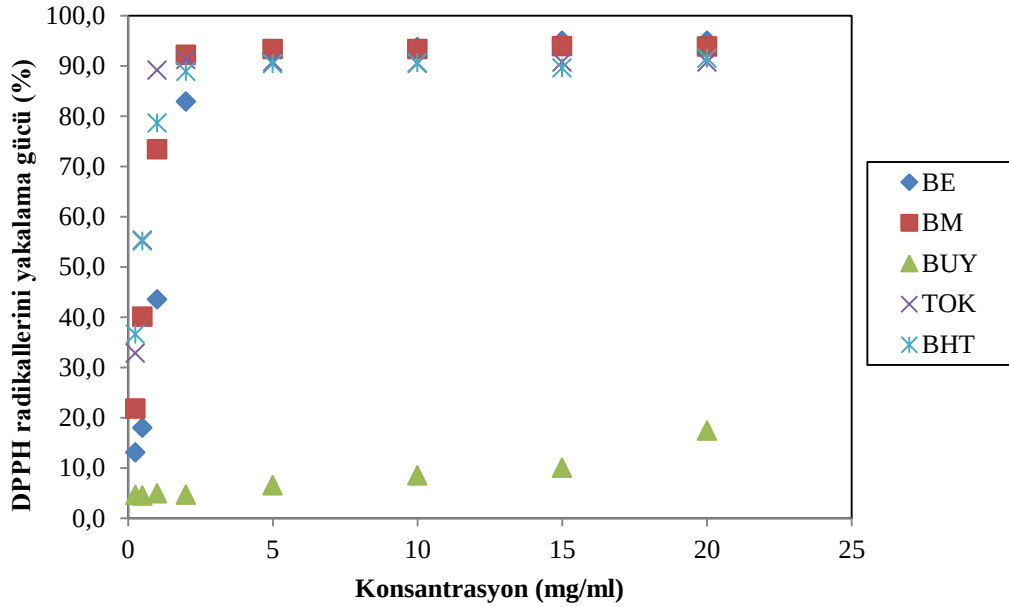
β -karoten ağartma metodunda olduğu gibi farklı konsantrasyonlardaki biberiye uçucu yağı oldukça düşük radikal yakalama güçlerine sahip olmuşlardır. Görüldüğü gibi

α - tokoferol ile BHT'nin DPPH radikallerini indirgeme güçleri ise benzer değişim göstermiştir.

Çizelge 4.4. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α - tokoferol ve BHT'nin DPPH radikallerini yakalama güçleri (%)

Konsantrasyon (mg/mL)	Biberiye etanol	Biberiye metanol	Biberiye uçucu yağı	α - tokoferol	BHT
0.25	13.1 $\pm$ 1.7eC	21.8 $\pm$ 1.0dB	4.6 $\pm$ 0.3eD	32.8 $\pm$ 1.4cA	36.6 $\pm$ 5.5dA
0.5	18.0 $\pm$ 2.6dC	40.1 $\pm$ 1.8cC	4.5 $\pm$ 0.2eD	55.3 $\pm$ 0.9bA	55.1 $\pm$ 5.6cA
1	43.5 $\pm$ 2.0cC	73.4 $\pm$ 1.4bB	4.9 $\pm$ 0.5eD	89.1 $\pm$ 6.0aA	78.6 $\pm$ 3.4bB
2	82.9 $\pm$ 4.8bB	92.2 $\pm$ 0.7aA	4.7 $\pm$ 0.7eC	91.2 $\pm$ 0.6aA	88.9 $\pm$ 1.6aA
5	92.4 $\pm$ 0.2aA	93.3 $\pm$ 0.5aA	6.5 $\pm$ 0.7dB	90.8 $\pm$ 3.9aA	90.4 $\pm$ 1.7aA
10	93.7 $\pm$ 0.8aA	93.3 $\pm$ 1.6aA	8.5 $\pm$ 0.6cB	90.4 $\pm$ 4.1aA	90.6 $\pm$ 3.2aA
15	95.0 $\pm$ 0.4aA	93.9 $\pm$ 0.1aAB	10.0 $\pm$ 0.6bD	90.7 $\pm$ 2.5aBC	89.6 $\pm$ 4.1aC
20	95.0 $\pm$ 0.2aA	93.9 $\pm$ 0.1aA	17.4 $\pm$ 1.3aC	90.7 $\pm$ 2.1aB	91.5 $\pm$ 1.1aB

A-D, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)
a-e, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)
Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı; BUY, biberiye uçucu yağı; TOK, tokoferol; BHT, bütillendirilmiş hidroksi tolüen

Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α - tokoferol ve BHT'nin DPPH radikallerini yakalama güçleri (%)

Biberiye metanol ekstraktı en fazla fenolik madde içeriğine sahip olup, en yüksek antiradikal aktiviteye sahiptir. Bu nedenle fenolik madde miktarları ile DPPH radikallerini yakalama güçleri arasında bir ilişki olduğu görülmektedir.

Erkan ve ark. (2008), biberiye metanol ekstraktının içerdiği fenolik madde miktarının fazla olması nedeniyle DPPH radikallerini yakalama gücünün karabiber uçucu yağıninkine kıyasla 10 kat daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

4.5. Biberiye Uçucu Yağı ve Ekstraktlarının Demir İyonlarını İndirgeme Güçleri

Bu analizde antioksidanlar demir klorür ve ferrisiyanit kompleksini indirgeyerek demir +II kompleksine dönüştürmektedir. Bu renkli ürün ise 700 nm’de maksimum absorbansa sahip olmaktadır. Reaksiyon karışımının absorbansının yüksek olması antioksidanın indirgeme gücünün yüksek olduğunu göstermektedir.

Biberiye uçucu yağı ve ekstraktlarının indirgeme güçleri Çizelge 4.5. ve Şekil 4.4’de verilmiş, BHT ile α -tokoferolün sahip olduğu değerlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde konsantrasyon artışının biberiye uçucu yağı hariç diğer denemelerde demir iyonlarını indirgeme güçlerini artırdığı görülmektedir. Bu değişim uçucu yağ dışında diğer denemelerde istatistiksel olarak da önemli olmuştur ($p<0.05$). Biberiye metanol ekstraktı 0.25 mg/mL konsantrasyonda 0.057 absorbansa sahipken 20 mg/mL konsantrasyonda 1.877 absorbansa sahiptir. Biberiye etanol ekstraktının ise aynı konsantrasyonlarda absorbans değerleri 0.044 ile 1.471 arasında değişmiştir.

Genel olarak çalışılan konsantrasyonlarda biberiye metanol ekstraktının demir iyonlarını indirgeme gücü biberiye etanol ekstraktının sahip olduğu değerlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu durum radikal iyonlarını indirgeme gücünde olduğu gibi fenolik madde miktarları ile ilişkilendirilebilir. 10 mg/mL'den yüksek konsantrasyonlarda ise biberiye metanol ekstraktı BHT'den daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

BHT ile α -tokoferol indirgeme güçleri açısından karşılaştırıldığında 10 mg/g konsantrasyona kadar BHT α -tokoferolden daha yüksek indirgeme gücü göstermiş, bu konsantrasyondan sonra α -tokoferol daha etkili olmuştur.

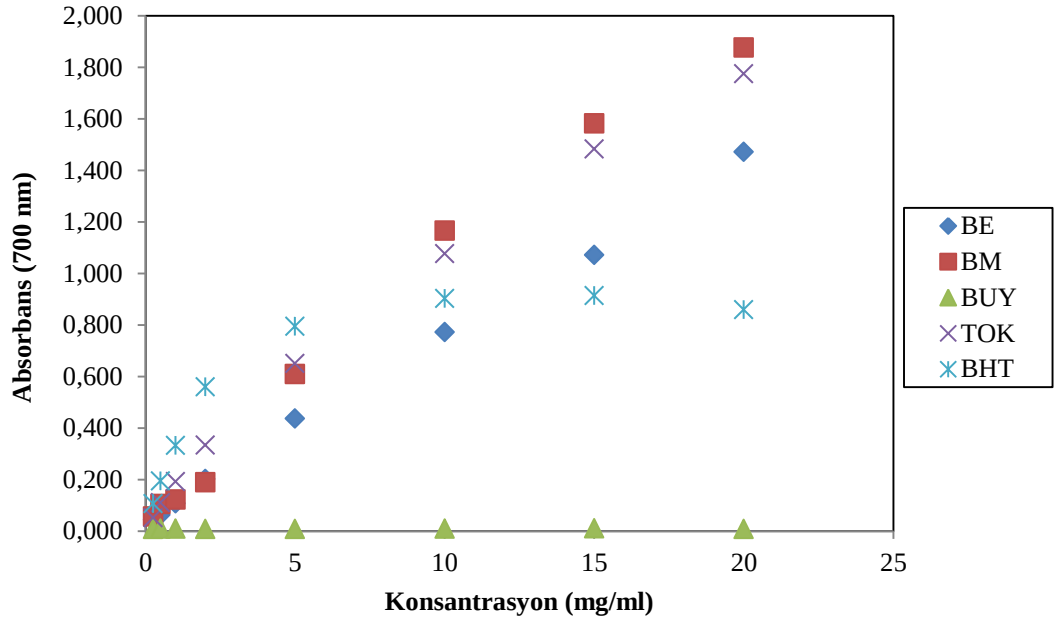
Çizelge 4.5. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin demir iyonlarını indirgeme güçleri

Konsant. (mg/mL)	Biberiye etanol	Biberiye metanol	Biberiye uçucu yağı	α -tokoferol	BHT
0.25	0.044±0.006gB	0.057±0.005eB	0.007±0.000aC	0.051±0.006fB	0.106±0.013aB
0.5	0.063±0.002gC	0.105±0.004eB	0.009±0.000aD	0.110±0.009fB	0.194±0.017fA
1	0.107±0.003fD	0.122±0.006eC	0.009±0.002aE	0.192±0.001efB	0.333±0.004eA
2	0.202±0.011eC	0.189±0.027eC	0.008±0.001aD	0.334±0.015eB	0.559±0.000dA
5	0.436±0.016dC	0.609±0.037dB	0.007±0.000aD	0.650±0.021dB	0.795±0.009cA
10	0.772±0.013cB	1.166±0.103cA	0.009±0.002aC	1.077±0.209cA	0.903±0.016aAB
15	1.071±0.018bB	1.582±0.128bA	0.010±0.001aD	1.483±0.025bA	0.913±0.021aC
20	1.471±0.017aC	1.877±0.063aA	0.008±0.000aE	1.775±0.013aB	0.859±0.025bD

A-E, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

a-g, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı; BUY, biberiye uçucu yağı; TOK, tokoferol; BHT, bütillendirilmiş hidroksi toluen

Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT'nin demir iyonlarını indirgeme güçleri

Muchuweti ve ark. (2007) çeşitli baharatlardan elde edilen metanol ekstraktlarının potasyum ferrisiyaniti demir +II'ye indirgeme yeteneğine sahip olduğunu ve demir iyonlarını indirgeme güçlerinin güçlü bir indirgeyici ajan olan askorbik asitten daha etkili indirgeme gücüne sahip olduğu bildirmektedir. Ayrıca ekstrakt konsantrasyonu arttıkça indirgeme gücünün arttığını rapor etmişlerdir.

4.6. Biberiye Bitkisi, Uçucu Yağı ve Ekstraktı İçeren Fındık Yağlarının ve Trigliseritlerinin İndüksiyon Periyotları

Belirli bir süre bitkisel yağlarda bulunan antioksidanlar oksidasyon ürünlerinin oluşmasını önlemektedir. Bu süre indüksiyon periyodu olarak adlandırılmaktadır. İndüksiyon periyodu bitkisel yağların oksidatif bozulmaya karşı dirençlerini

göstermektedir. İndüksiyon periyodu belirli bir antioksidanın konsantrasyonu optimum düzeye ulaşınca kadar artmaktadır (Iqbal ve Bhanger, 2007; Iqbal ve ark., 2008; Nor ve ark., 2008).

Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktlarını içeren findık yağlarının indüksiyon periyotları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi findık yağına belirtilen katkıların ilave edilmesi indüksiyon periyodunun artmasına neden olmuştur. Findık yağının 150 °C'da indüksiyon periyodu 25.98 dakika iken % 1, 3, 5, 10 ve 20 biberiye bitkisi ilave edildiğinde indüksiyon periyotları 37.00, 37.98, 41.11, 47.50 ve 56.53 dakika şeklinde değişim göstermiştir. Yağa eklenen biberiye bitkisi oranı arttıkça indüksiyon periyodu artmıştır ($p<0.05$). En fazla % 20 oranında biberiye bitkisi eklendiğinde indüksiyon periyodu saptanmış, koruma faktörü ise 2.2 olarak hesaplanmıştır. Ancak % 5'in üzerine biberiye bitkisi ile çalışıldığında filtrasyon güçlükleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle en yüksek indüksiyon periyoduna sahip olan % 20 biberiye katkılı findık yağı olmasına karşılık % 1 ve % 5 katkılı findık yağları kızartmalarda kullanılmak üzere seçilmiştir.

Biberiye etanol ekstraktı findık yağına 0.25, 0.5, 1 ve 2 mg/g konsantrasyonlarda eklendiğinde indüksiyon periyotları sırasıyla 37.92, 42.05, 45.94 ve 51.37 dakika olarak tespit edilmiştir. Koruma faktörleri ise 1.5 ile 2.0 arasında değişmiştir. Ekstrakt konsantrasyonunun artması indüksiyon periyodunu artırmış ve bu artış istatistiksel olarak önemli olmuştur ($p<0.05$). Çalışılan konsantrasyonların tümünde biberiye etanol ekstraktı etkili olmuştur. 0.25, 0.5 ve 1 mg/mL konsantrasyonlarda biberiye etanol ekstraktları linoleik asitli sistemde % 98.6-98.9, β -karoten ağartma

testinde ise % 75.9-73.7 arasında antioksidan aktiviteye sahip olmuştur. 2 mg/mL konsantrasyonda ise aynı testlerde antioksidan aktivite çok az değişim göstermiştir.

Çizelge 4.6. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT içeren fındık yağlarının indüksiyon periyotları

Örnek	IP (dakika, 150 °C)	KF
Fındık yağı (kontrol)	25.98± 0.23	
Fındık Yağı+ Biberiye bitkisi (% 1 w/w)	37.00± 0.42d	1.4
Fındık Yağı + Biberiye bitkisi (% 3 w/w)	37.98± 0.62d	1.5
Fındık Yağı + Biberiye bitkisi (% 5 w/w)	41.11± 0.80c	1.6
Fındık Yağı + Biberiye bitkisi (% 10 w/w)	47.50± 0.62b	1.8
Fındık Yağı + Biberiye bitkisi (% 20 w/w)	56.53± 0.52a	2.2
Fındık Yağı + Biberiye etanol (0.25 mg/g)	37.92± 0.83d	1.5
Fındık Yağı + Biberiye etanol (0.5 mg/g)	42.05± 0.18c	1.6
Fındık Yağı + Biberiye etanol (1 mg/g)	45.94± 0.30b	1.8
Fındık Yağı + Biberiye etanol (2 mg/g)	51.37± 0.19a	2.0
Fındık Yağı + Biberiye metanol (0.25 mg/g)	33.71± 0.62c	1.3
Fındık Yağı + Biberiye metanol (0.5 mg/g)	41.95± 0.94b	1.6
Fındık Yağı + Biberiye metanol (1 mg/g)	43.50± 0.39b	1.7
Fındık Yağı + Biberiye metanol (2 mg/g)	49.33± 0.64a	1.9
Fındık Yağı + Biberiye uçucu (0.25 mg/g)	26.46± 0.18d	1.0
Fındık Yağı + Biberiye uçucu (0.5 mg/g)	29.31± 0.45c	1.1
Fındık Yağı + Biberiye uçucu (1 mg/g)	30.27± 0.39b	1.2
Fındık Yağı + Biberiye uçucu (2 mg/g)	31.85± 0.15a	1.2
Fındık Yağı + BHA (0.2 mg/g)	29.38± 0.28a	1.1
Fındık Yağı + BHT (0.2 mg/g)	29.60± 0.29a	1.1
Fındık Yağı + α -tokoferol (0.2 mg/g)	29.00± 0.78a	1.1

a-d, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

IP, indüksiyon periyodu; KF, Koruma faktörü. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Antioksidan aktivite deneyleri ile beraber değerlendirildiğinde 0.25, 0.5 ve 1 mg/g konsantrasyonda biberiye etanol ekstraktı içeren fındık yağlarının lipid oksidasyonunu önlemede kullanılabileceği düşünülmektedir. 2 mg/g konsantrasyon ise uygulamada oldukça yüksek olup 1000 g yağ için 2 g etanol ekstraktı gereklidir. Etanol ekstraktının ekstraksiyon verimi % 16.3 olduğundan, 2 g ekstrakt için 12.26 g

biberiye bitkisi gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı kızartmalarda 1 mg/g konsantrasyonda biberiye etanol ekstraktı kullanılmıştır.

Biberiye metanol ekstraktı ilave edilen fındık yağlarının indüksiyon periyotları da ekstrakt konsantrasyonunun artması ile artış göstermiştir ($p<0.05$). En yüksek indüksiyon periyodu 2 mg/g konsantrasyonda biberiye metanol ekstraktı kullanıldığında 49.33 dakika olarak saptanmıştır. Koruma faktörleri ise 1.3 ile 1.9 arasında değişim göstermiştir. Etanol ekstraktı katkısına kıyasla koruma faktörleri biraz daha düşük olmuştur. 0.25-2 mg/mL konsantrasyon aralığında antioksidan aktivite deneylerinden linoleik asitli sistemde % 98.5-100.0, ve β - karoten ağartma metodunda % 43.3-66.1 arasında antioksidan aktivite saptanmıştır. Metanol ekstratının ekstraksiyon verimi % 18.7 olduğundan 1000 g yağa 1 mg/g'lık biberiye metanol ekstraktı katkısı için 5.34 g biberiye bitkisi gerekmektedir. Benzer şekilde 2 mg/g'lık katkı için bu değerin iki katı kadar bitki gerekmektedir.

Beddows ve ark. (2001) genel olarak 2 mg/g konsantrasyondaki çeşitli bitki ve baharatın ayçiçek yağının indüksiyon periyodunu artırdığını ve koruma faktörlerinin 1.06 ile 1.72 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Biberiye uçucu yağı içeren fındık yağlarının indüksiyon periyotları 26.46 ile 31.85 dakika arasında olup, konsantrasyon artışı indüksiyon periyodunun çok az artmasına neden olmuştur ($p<0.05$). Koruma faktörleri 1.0 ile 1.2 arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi uçucu yağ katkılı olan fındık yağlarının indüksiyon periyotları ekstrakt veya direkt biberiye bitkisinin ilave edildiği yağların indüksiyon periyotlarına kıyasla daha düşük olmuştur. Ayrıca antioksidan aktivite deneyleri ve

radikal yakalama gücü deneyleri dikkate alındığında biberiye uçucu yağının sahip olduğu değerler tüm konsantrasyonlarda ekstraktların sahip olduğu değerlerden daha düşük olmuştur. Biberiye uçucu yağının ekstraksiyon veriminin düşük olması nedeniyle, hem 0.25 mg/g, hem de 1 mg/g konsantrasyondaki biberiye uçucu yağı içeren fındık yağları kızartmalarda kullanılmıştır.

Fındık yağına 0.2 mg/g konsantrasyonda BHA, BHT veya α -tokoferol ilave edildiğinde indüksiyon periyodu 29.38, 29.60 ve 29.0 dakika olup, koruma faktörleri 1.1 olarak hesaplanmıştır. Farklı oranlarda biberiye bitkisi, ekstraktlar ve uçucu yağ içeren fındık yağlarının tümünün indüksiyon periyodunun BHT, BHA ve α -tokoferolün indüksiyon periyodundan daha yüksek olduğu görülmektedir. Sentetik antioksidanlar radikal zincir reaksiyonunu, yağ asiti radikallerine hidrojen atomu vererek sonlandırmaktadırlar (Khan ve Shahidi, 2001). BHT ve BHA gibi sentetik antioksidanlar yüksek sıcaklıklarda etkili olamadıklarından ekstraktlara kıyasla daha düşük indüksiyon periyotları sergilemişlerdir (Zhang ve ark. 2004). BHT'nin yüksek sıcaklıklarda ısıtma sırasında uçucu olması nedeniyle yağdan uzaklaştığı başka araştırmacılar tarafından da öne sürülmektedir. BHT'nin hayvansal yağlarda THBQ'nun ise bitkisel yağlarda daha etkili olduğu ve yüksek sıcaklıklarda BHT'ye kıyasla daha stabil olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bitki ekstraktlarının yüksek sıcaklıklarda BHT'den daha etkili oldukları bulunmuştur (Bandoniené ve ark., 2002; Nor ve ark., 2008).

Fındık yağı tokoferoller ile karotenoidler gibi çeşitli antioksidan maddelere sahip olduğundan biberiye katkılarının gerçek etkisini saptamak için fındık yağında bulunan bu antioksidan maddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla

uygulanan aktif karbon ile muamele ardından cam kolondaki alüminyum oksit ile adsorbsiyon işlemi sayesinde saflaştırılmış fındık yağı trigliseritleri elde edilmiştir. Antioksidan maddelerin uzaklaşması nedeniyle bu işlem ile fındık yağının indüksiyon periyodu 25.98 dakikadan 3.93 dakikaya düşmüştür (Çizelge 4.7.). Biberiye bitkisinin trigliseritlere % 1, 3 ve 5 oranlarında ilave edilmesi indüksiyon periyodunun sırasıyla 24.10, 26.65 ve 27.19 dakikaya yükselmesini sağlamıştır. Etanol, metanol ekstraktı ve uçucu yağ katkılarına kıyasla en yüksek koruma faktörleri (6.1-6.9) bu yağlarda gözlenmiştir. Biberiye bitkisinin oranının artması indüksiyon periyodunu artırmıştır.

Çizelge 4.7. Farklı konsantrasyonlardaki biberiye ekstraktları, biberiye uçucu yağı, α -tokoferol ve BHT içeren fındık yağı trigliseritlerinin indüksiyon periyotları

Örnek	IP (dakika, 150 °C)	KF
Fındık TAG	3.93± 0.32	
Fındık TAG+ Biberiye bitkisi (% 1 w/w)	24.10± 0.38	6.1
Fındık TAG+ Biberiye bitkisi (% 3 w/w)	26.65± 0.49	6.8
Fındık TAG+ Biberiye bitkisi (% 5 w/w)	27.19± 0.30	6.9
Fındık TAG + Biberiye etanol (0.5 mg/g)	14.13± 0.06	3.6
Fındık TAG + Biberiye etanol (1 mg/g)	19.85± 0.45	5.1
Fındık TAG + Biberiye metanol (0.5 mg/g)	12.80± 0.69	3.3
Fındık TAG + Biberiye metanol (1 mg/g)	21.46± 0.29	5.5
Fındık TAG + Biberiye uçucu (0.5 mg/g)	3.67± 0.09	0.9
Fındık TAG + Biberiye uçucu (1 mg/g)	5.33± 0.10	1.4
Fındık TAG + BHA 0.2 mg/g	4.38± 0.19	1.1
Fındık TAG + BHT 0.2 mg/g	3.72± 0.46	0.9
Fındık TAG + α -tokoferol 0.2 mg/g	17.68± 0.96	4.5

TAG, saflaştırılmış fındık yağı trigliseritleri; KF, Koruma faktörü
Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Biberiye etanol ve metanol ekstraktları indüksiyon periyodunda benzer değişimlere neden olmuştur. Ekstrakt konsantrasyonunun artırılması belirgin bir şekilde

indüksiyon periyodunun artmasını sağlamıştır. Saf trigliseritlere 1 mg/g etanol veya metanol ekstraktı ilave edildiğinde indüksiyon periyodu sırasıyla 19.85 dakika ve 21.46 dakikaya yükselmiştir.

Fındık yağında olduğu gibi en düşük indüksiyon periyotları biberiye uçucu yağı eklenen trigliseritlerde gözlenmiştir. Hatta 0.5 mg/g konsantrasyonda uçucu yağ eklendiğinde kontrolden daha düşük indüksiyon periyodu (3.67 dakika) saptanmıştır. Uçucu yağ konsantrasyonu 0.5 mg/g'dan 1 mg/g'a yükseltildiğinde indüksiyon periyodu 5.33 dakikaya koruma faktörü ise 1.4'e yükselmiştir.

Sentetik antioksidanlardan BHT 0.2 mg/g konsantrasyonda saf trigliseritlere ilave edildiğinde kontrolden daha düşük (3.72 dakika) indüksiyon periyoduna neden olurken, aynı konsantrasyonda BHA indüksiyon periyodunun 5.33 dakikaya yükselmesine neden olmuştur. Yüksek sıcaklıklarda BHA ve BHT'nin stabilitelerinin düşük olmasından dolayı bu sentetik antioksidanları içeren trigliseritlerde düşük değerler saptanmıştır. Zhang ve ark. (2004) BHT ve BHA'nın genellikle düşük sıcaklıklarda etkili olduğunu, yüksek sıcaklıklarda, örneğin derin yağda kızartma veya 150-200 °C'larda fırında pişirme işlemleri sırasında etkili olmadığını bildirmişlerdir. Onlara göre yüksek sıcaklıklarda buharla birlikte bu sentetik antioksidanlar da ortamdan uzaklaşmaktadır.

α - tokoferol ise oksidatif stabilizeyi artırmada oldukça etkili olup 0.2 mg/g konsantrasyonda trigliseritlere ilave edildiğinde indüksiyon periyodu 17.68 dakikaya yükselmiş koruma faktörü ise 4.5 olarak belirlenmiştir. Fındık yağında α - tokoferolün indüksiyon periyodunu saflaştırılmış trigliseritlerdeki kadar yükseltmemesinin

nedeninin konsantrasyon ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan fındık yağında 460.9 ± 9.1 mg/kg düzeyinde tokoferol bulunduğu saptanmıştır. Fındık yağında α -tokoferol ile birlikte diğer tokoferol izomerleri de bulunmaktadır. Mevcut tokoferollere ek olarak 0.2 mg/g konsantrasyonda α -tokoferol ilave edilmesi bu izomerin konsantrasyonun artmasına neden olmaktadır. α -tokoferolün yüksek konsantrasyonlarda prooksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Hamilton ve ark., 1998). Görüldüğü gibi 1 mg/g konsantrasyonda etanol veya metanol ekstraktlarını içeren trigliseritler α -tokoferol içerenlerden daha yüksek indüksiyon periyotlarına sahip olmuşlardır.

Nogala-Kalucka ve ark. (2005) ransimat ve oksidograf sonuçlarına göre biberiye ekstraktının kolza yağı trigliseritlerinde tokoferol izomerleri ile bunların karışımlarından ve BHT'den daha etkili bir antioksidan olduğunu bildirmişlerdir. Biberiye ekstraktı 500 ppm konsantrasyonda ransimat cihazında 110°C 'de 9.06 koruma faktörüne sahip olup, 100 ppm BHT 5.75, α -tokoferol ise 5.35 koruma faktörüne sahip olmuştur.

4.7. Biberiye Bitkisi, Uçucu Yağı ve Ekstraktı İçeren Fındık Yağlarının Fenolik Madde Miktarları

Çizelge 4.8'de biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarları verilmiştir. Fındık yağı 7.0 ± 0.2 mg/kg düzeyinde fenolik madde içerirken, 1 mg/g konsantrasyonda biberiye uçucu yağı, etanol veya metanol ekstraktı eklendiğinde yağların fenolik madde miktarları sırasıyla 9.0 ± 0.2 , 57.7 ± 11.3 ve 66.4 ± 8.7 mg/kg değerlerine yükselmiştir. Biberiye bitkisi artan oranlarda fındık

yağına ilave edildiğinde yağların fenolik madde miktarları da artış göstermiştir. Yağa eklenen biberiye bitkisi oranı % 20 olduğunda yağın fenolik madde miktarı 439.4 ± 33.9 mg/kg düzeyinde olmuştur. Farklı oranlarda biberiye bitkisi ilave edilen tüm fındık yağları biberiye ekstraktlarını içeren yağlardan daha yüksek fenolik madde içeriklerine sahip olmuştur.

Çizelge 4.8. Biberiye bitkisi, uçucu yağı veya ekstraktlarını içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarları

Örnek	Fenolik madde (mg gallik asit /kg yağ)
Fındık yağı	$7.0 \pm 0.2f$
Fındık+Biberiye bitkisi (% 1 w/w)	$96.3 \pm 6.9d$
Fındık+Biberiye bitkisi (% 3 w/w)	$125.8 \pm 2.2c$
Fındık+Biberiye bitkisi (% 5 w/w)	$128.8 \pm 3.2 c$
Fındık+Biberiye bitkisi (% 10 w/w)	$287.3 \pm 7.0b$
Fındık+Biberiye bitkisi (% 20 w/w)	$439.4 \pm 33.9a$
Fındık+ Biberiye etanol (1 mg/g)	$57.7 \pm 11.3e$
Fındık+ Biberiye metanol (1 mg/g)	$66.4 \pm 8.7e$
Fındık+ Biberiye uçucu (1 mg/g)	$9.0 \pm 0.2f$

a-f, aynı sütunda yer alan farklı harflerle verilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$). Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

4.8. Biberiye Bitkisi, Uçucu Yağı ve Ekstraktı İçeren Fındık Yağlarında Gerçekleştirilen Derin Yağda Kızartma İşlemleri

4.8.1. Serbest yağ asidi miktarındaki değişim

Kızartma sırasında patatesten gelen nemin ve uygulanan yüksek sıcaklığın etkisi ile serbest yağ asidi miktarında artış olmaktadır. Serbest yağ asitleri yüksek kızartma sıcaklığında ($160-180^{\circ}\text{C}$) termal oksidasyona daha duyarlı olmaktadır. Okside yağ

asitleri ise kızartılan ürüne ve kızartma ortamına istenmeyen tat-koku vermektedirler. Serbest yağ asiti içeriğinin kontrol altına alınması yağların parçalanmasına engel olacaktır. Serbest yağ asiti içeriğinin belirlenmesi kızartma yağlarının kalite kontrolünde sıklıkla kullanılmaktadır (Bensmira ve ark., 2007; Che Man ve Jaswir, 2000).

Serbest yağ asitleri miktarı kızartma süresi ile ilişkili olmaktadır. Ancak serbest yağ asitlerinin kızartma sırasında yağdan buhar distilasyonu yolu ile ayrılması nedeniyle kızartmada indikatör olarak kullanılması uygun görülmemektedir. Özellikle termal parçalanma esnasında aldehitlerden oluşan kısa zincirli yağ asitleri için bu durum geçerli olmaktadır (Réblová ve ark., 1999). Derin yağda kızartma işlemi sırasında her gün sonunda alınan yağ numunelerinin serbest yağ asidi içeriği Çizelge 4.9. ve Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının serbest yağ asidi miktarları (%)

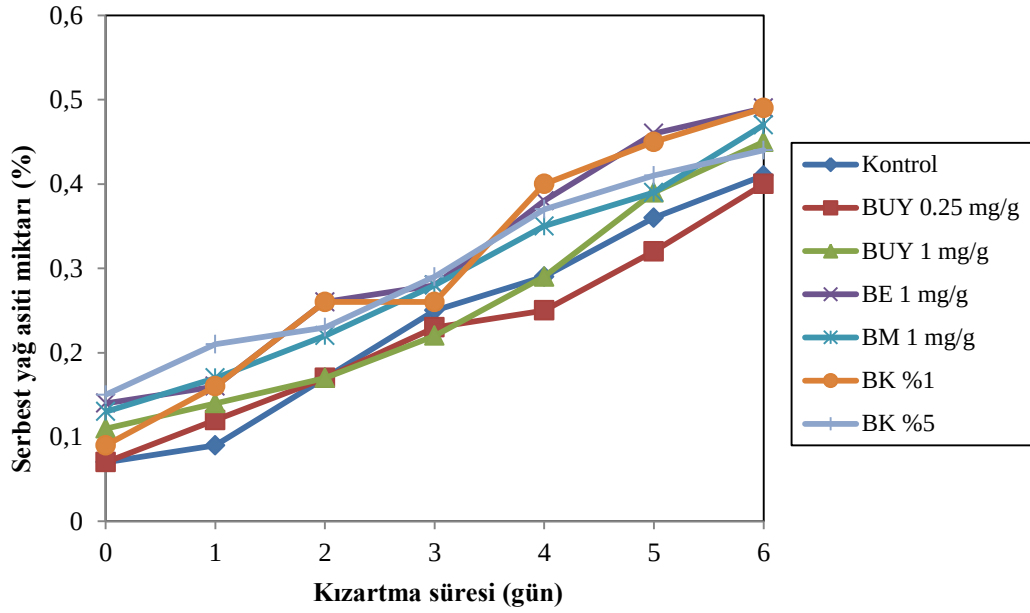
Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE 1 mg/g	BM 1 mg/g	BK %1	BK %5
0	0.07±0.02 fC	0.07±0.02 gC	0.11±0.00 gBC	0.14±0.00 eAB	0.13±0.02 eAC	0.09±0.00 eC	0.15±0.02 fA
1	0.09±0.00 fD	0.12±0.00 fCD	0.14±0.00 fBC	0.16±0.02 eBC	0.17±0.00 eB	0.16±0.02 dBC	0.21±0.02 eA
2	0.17±0.00 eB	0.17±0.00 eB	0.17±0.01 eB	0.26±0.00 dA	0.22±0.01 cA	0.26±0.04 cA	0.23±0.00 eA
3	0.25±0.02 dCD	0.23±0.00 dD	0.22±0.01 dD	0.28±0.01 dAB	0.28±0.00 cAB	0.26±0.00 cBC	0.29±0.01 dA
4	0.29±0.00 cC	0.25±0.00 cC	0.29±0.00 cC	0.38±0.01 cAB	0.35±0.02 bB	0.40±0.04 bA	0.37±0.01 cAB
5	0.36±0.02 bC	0.32±0.01 bD	0.39±0.01 bBC	0.46±0.01 bA	0.39±0.01 bBC	0.45±0.02 bA	0.41±0.00 bB
6	0.41±0.00 aC	0.40±0.00 aC	0.45±0.00 aB	0.50±0.00 aA	0.47±0.03 aAB	0.49±0.00 aA	0.44±0.00 aB
Değişim	0.34	0.33	0.34	0.35	0.34	0.40	0.29

a-g, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

A-D, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Görüldüğü gibi kızartma süresi arttıkça yağın serbest yağ asidi içeriğinde artış gerçekleşmektedir ($p<0.05$). Fındık yağının serbest yağ asidi içeriği % 0.07 iken 6. gün sonunda % 0.41'e yükselmiştir. Fındık yağına ekstrakt veya uçucu yağ ilave edilmesi 6 gün boyunca serbest asitlikte çok az artışa neden olmuştur. Ancak tüm denemeler dikkate alındığında kızartmanın başlangıcı ile 6. gün sonu arasında alınan yağların serbest asit miktarında % 0.29-0.40 arasında değişim olmuştur. Bu değişim kontroldeki değişime (% 0.34) oldukça yakındır. Ekstrakt, uçucu yağ veya bitki ilavesinin serbest yağ asidi içeriği üzerine etkisi oldukça düşük olmasına rağmen, bu etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.5. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının serbest yağ asidi miktarındaki değişim

Che Man ve Jaswir (2000) hem biberiye hem de adaçayı ekstraktlarının kızartma sırasında yağın serbest yağ asiti miktarını düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

4.8.2. Polar madde miktarındaki değişim

Kızartma işlemleri sırasında gerçekleşen termal oksidasyon ve hidroliz sonucu trigliseritlerden polar karakterdeki mono ve digliseritler ile serbest yağ asitleri oluşmaktadır (Bhattacharya ve ark., 2008). Oluşan polimer maddeler de polar karakterde olup, genellikle belirli bir gecikme süresinden sonra oluşmaya başlarlar. Ancak linolenik asit gibi çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olan kolza yağı gibi yağlarda kızartmanın başlangıcından itibaren oluşmaktadır (Réblová ve ark., 1999).

Kızartma yağlarının kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli ölçüt polar madde miktarıdır. Araştırmalar kızartma yağlarından izole edilen polar bileşiklerin laboratuvar hayvanları üzerinde oldukça toksik etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Çeşitli Avrupa ülkeleri kullanılmış kızartma yağlarında maksimum polar madde içeriğini % 24 ile % 27 olarak esas almışlardır. Bu düzeyin üzerinde polar madde içeren yağların kızartmalarda kullanılmasına izin verilmemektedir (Mariod ve ark., 2006).

Derin yağda kızartma işlemi sırasında her gün sonunda alınan yağ numunelerinin polar madde miktarındaki değişim Çizelge 4.10. ve Şekil 4.6’da sunulmuştur. Kızartma süresi arttıkça yağın polar madde içeriği de artış göstermiştir ($p<0.05$). Görüldüğü gibi fındık yağının ve 0.25 mg/g konsantrasyonda biberiye uçucu yağı ile % 1 biberiye bitkisi içeren yağların polar madde içerikleri 1. günden sonra artmaya başlarken biberiye katkıları içeren diğer yağların polar madde miktarları 2. veya 3. günden sonra artmaya başlamıştır. Kontrolün polar madde içeriği 2. günde 1.0 iken

6. gün sonunda % 11.3'e yükselmiştir. Biberiye uçucu yağı, ekstraktı ve bitkisi içeren fındık yağları 6 günlük kızartma süresince kontrole kıyasla daha düşük polar madde içeriklerine sahip olmuşlardır. 1 mg/g biberiye uçucu yağı ilave edilen yağ, 0.25 mg/g biberiye uçucu yağı içeren fındık yağına kıyasla daha düşük polar madde içeriğine sahip olmuştur. Biberiye uçucu yağı oranındaki artış polar madde içeriğinin düşmesini sağlamıştır. Biberiye etanol ekstraktı içeren fındık yağı, hem uçucu yağ hem de metanol ekstraktı içeren yağlardan daha düşük polar madde içermektedir. % 5 biberiye bitkisi katkılı yağ ise polar madde içeriğinin düşürülmesinde oldukça etkili olmuş ve 6. gün sonunda % 2.5 oranında artış gerçekleşmiştir.

Réblová ve ark. (1999) kolza yağına eklenen biberiye ekstraktlarının polar ve polimer maddelerin ve çoklu doymamış trigliseritlerin parçalanma ürünlerinin oluşmasını önlediğini, ayrıca kızartılmış patateslerin duysal niteliklerini iyileştirdiğini rapor etmişlerdir.

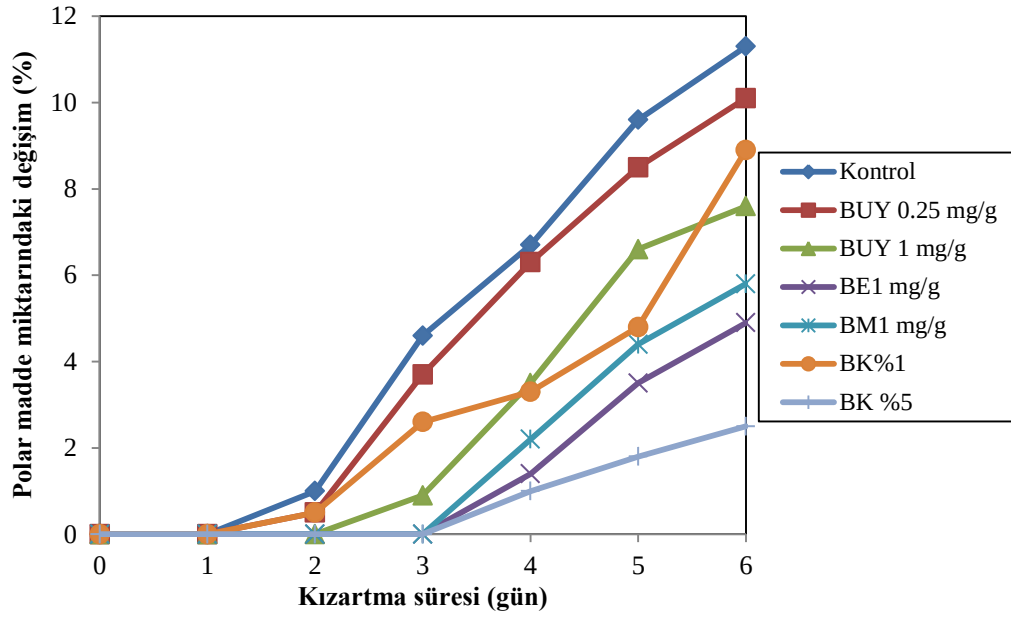
Çizelge 4.10. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının polar madde miktarlarındaki (%) değişim

Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK %1	BK %5
0	0f	0f	0a	0d	0d	0f	0d
1	0f	0f	0a	0d	0d	0f	0d
2	1.0±0.2eA	0.5±0.2eB	0aC	0dC	0dC	0.5±0.2eB	0dC
3	4.6±0.0dA	3.7±0.3dB	0.9±0.3dD	0dE	0dE	2.6±0.2dC	0dE
4	6.7±0.2cA	6.3±0.2cB	3.5±0.2cC	1.4±0.2cE	2.2±0.2cD	3.3±0.2cC	1.0±0.1cF
5	9.6±0.3bA	8.5±0.2bB	6.6±0.2bC	3.5±0.2bF	4.4±0.2bE	4.8±0.2bD	1.8±0.3bG
6	11.3±0.2aA	10.1±0.2aB	7.6±0.3aD	4.9±0.3aF	5.8±0.0aE	8.9±0.0aB	2.5±0.4aG
Değişim	11.3	10.1	7.6	4.9	5.8	8.6	2.5

a-f, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

A-G, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.6. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının polar madde miktarındaki değişim

4.8.3. Konjuge dien miktarındaki değişim

Konjuge dien içeriği oksidasyonun birincil ürünlerinin oranının saptanmasında kullanılan bir parametredir. Kızartma sırasında gerçekleşen termik oksidasyon nedeniyle çift bağların konjugasyonundan dolayı yağın konjuge dien içeriğinde artış gerçekleşmektedir (Bhattacharya ve ark., 2008).

Derin yağda kızartma işlemi sırasında alınan yağların konjuge dien miktarları Çizelge 4.11. ve Şekil 4.7’de verilmiştir. Kızartma süresi boyunca konjuge dien içeriğinde artış olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Kontrolün konjuge dien içeriği % 0.11’den 6. gün sonunda % 0.71’e yükselmiştir. 1 mg/g biberiye uçucu yağı,

metanol ve etanol ekstraktları ile bitkisi içeren fındık yağları kızartma boyunca kontrole kıyasla daha düşük konjuge dien içeriklerine sahip olmuşlardır.

Çizelge 4.11. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının konjuge dien miktarları (%)

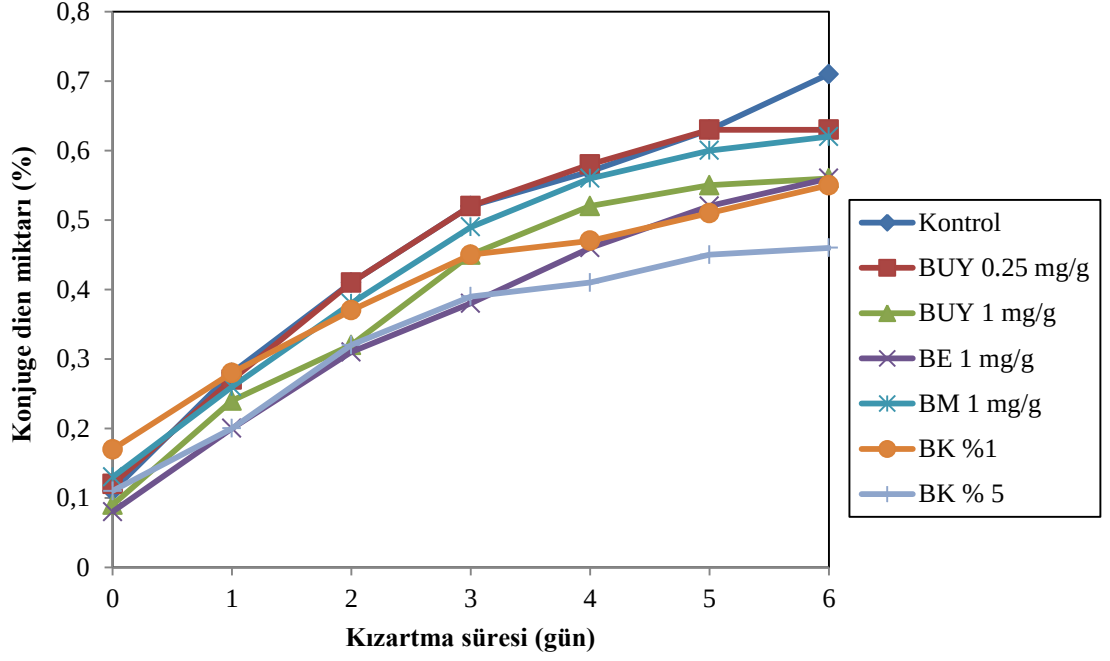
Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK %5
0	0.11±0.00 fBCD	0.12±0.00 fBC	0.09±0.02 fDE	0.08±0.00 gE	0.13±0.00 fB	0.17±0.01 fA	0.11±0.01 gCDE
1	0.28±0.00 eA	0.27±0.00 eAB	0.24±0.02 eC	0.20±0.00 fD	0.26±0.00 eBC	0.28±0.01 eA	0.20±0.00 fD
2	0.41±0.01 dA	0.41±0.00 dA	0.32±0.00 dC	0.31±0.00 eC	0.38±0.01 dB	0.37±0.00 dB	0.32±0.00 eC
3	0.52±0.01 cA	0.52±0.01 cA	0.45±0.01 cC	0.38±0.00 dD	0.49±0.00 cB	0.45±0.01 cC	0.39±0.00 dD
4	0.57±0.01b cA	0.58±0.01 bA	0.52±0.02 bB	0.46±0.00 cC	0.56±0.01 bA	0.47±0.02 bcC	0.41±0.00 cD
5	0.63±0.01 abA	0.63±0.01 aA	0.55±0.01 bC	0.52±0.00 bD	0.60±0.00 aB	0.51±0.02 abD	0.45±0.00 bE
6	0.71±0.1 aA	0.63±0.01 aAB	0.56±0.01 aBC	0.56±0.01 aBC	0.62±0.02 aAB	0.55±0.05 aBC	0.46±0.01 aC
Değişim	0.60	0.51	0.47	0.48	0.49	0.38	0.35

a-g, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

A-E, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

En düşük konjuge dien içerikleri ise % 5 oranında biberiye bitkisi içeren fındık yağında gözlenmiştir. Bu yağda kızartma süresince konjuge dien içeriğinde % 0.35 birimlik bir artış olmuştur. Kızartma süresince belirtilen katkıların yağların konjuge dien içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur (p<0.05).



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.7. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının konjuge dien miktarındaki değişim

4.8.4. *p*-anisidin değerindeki değişim

p-anisidin değeri oksidasyonun ikincil ürünlerinden özellikle 2,4-dienallerin belirlenmesine yönelik bir metottur (Che Man ve Wan Hussin, 1998). Keton yapısındaki ikincil oksidasyon ürünlerini ölçmemektedir (Che Man ve Jaswir, 2000). Derin yağda kızartma işlemi sırasında alınan yağların *p*-anisidin değerindeki değişim Çizelge 4.12. ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Kızartma süresince gerçekleşen oksidasyon nedeniyle oksidasyonun birincil ürünleri olan hidroperoksitler ve konjuge yapıdaki yağ asitleri kararsız olduklarından parçalanarak oksidasyonun ikincil ürünleri olan aldehitlere, ketonlara, alkollere, kısa zincirli yağ asitlerine

dönüşmektedirler (Maskan ve Bağcı, 2003). Bu dönüşüm sırasında aldehit artışına bağlı olarak yağın *p*-anisidin değeri yükselmektedir.

Çizelge 4.12. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının *p*-anisidin değerleri (mmol/kg)

Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK %5
0	2.0±0.0 fC	2.1±0.0 dC	2.3±0.2 fBC	2.2±0.2 fEC	2.5±0.1 eB	1.6±0.2 eD	3.0±0.2 eA
1	28.6±1.2 eA	24.5±0.4 cB	23.4±0.1 eBC	18.9±0.6 eD	22.6±0.0 dC	21.8±1.0 dC	17.1±0.2 dE
2	42.0±0.8 dA	36.0±0.1 bB	35.1±0.3 dB	26.2±0.9 dE	34.8±0.2 cB	32.4±0.1 cC	29.2±0.7 cD
3	51.7±1.0 cA	42.7±0.6 aB	37.2±0.0 cC	30.1±0.1 cE	43.6±0.6 aB	38.0±2.6 bC	33.8±2.2 bD
4	54.3±0.6 bA	43.2±0.1 aB	40.7±0.2 bC	34.3±1.2 bD	43.8±1.2 aB	39.7±1.5 bC	33.8±0.1 bD
5	60.0±0.7 aA	43.1±0.0 aB	42.8±0.9 aB	39.0±2.1 aCD	43.8±0.5 aB	41.0±2.9 bBC	36.6±0.0 aD
6	60.9±0.4 aA	42.3±1.1 aC	41.1±0.1 bCD	38.1±1.0 aE	40.5±0.8 bD	46.7±0.6 aB	35.2±0.1 abF
Değişim	58.9	40.2	38.8	35.9	38.0	45.1	32.2

a-f, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$)

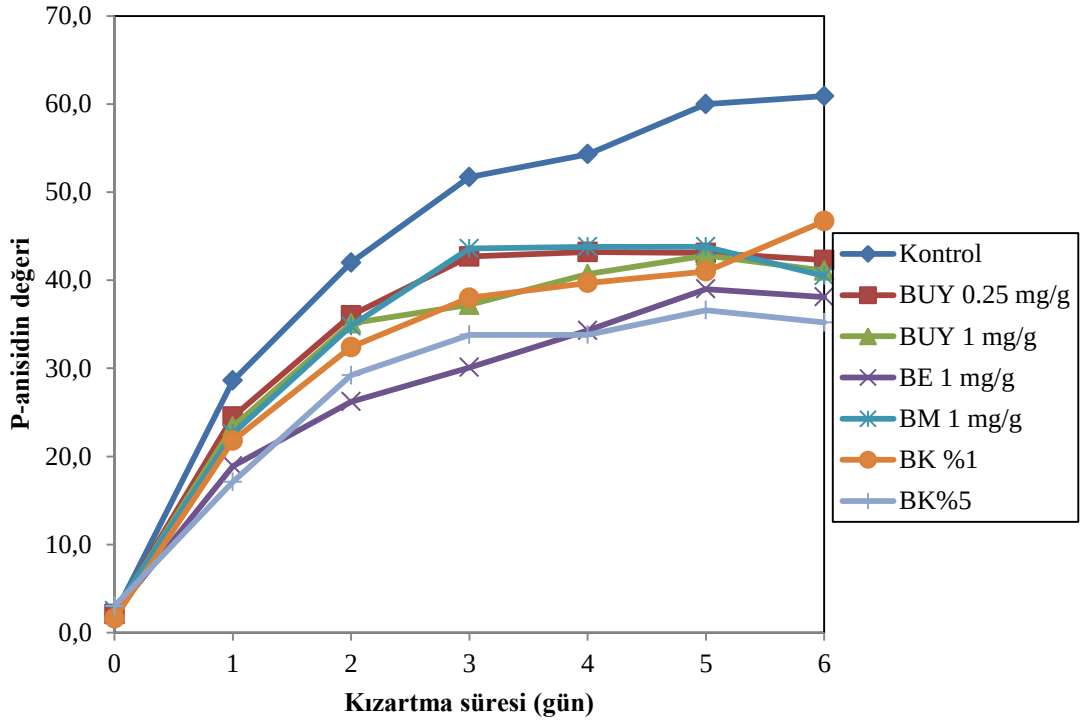
A-F, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Görüldüğü gibi kızartma süresince alınan yağların tümünün *p*-anisidin değerinde ilk 3 gün boyunca daha hızlı olmak üzere artış gerçekleşmiştir. Ancak en fazla değişim kontrol denemede gerçekleşmiştir. Kontrolün başlangıçtaki *p*-anisidin değeri 2.0 olup 3. gün sonunda 51.7'ye, 6. gün sonunda ise 60.9'a yükselmiştir. Tüm denemeler kontrole kıyasla daha düşük değerlere sahip olmuştur ($p<0.05$). 2. güne kadar 0.25 ile 1 mg/g biberiye uçucu yağı ile 1 mg/g biberiye metanol ekstraktı içeren fındık yağları yakın değerlere sahipken 3. ve 4. günlerde 1 mg/g biberiye uçucu yağı katkılı fındık yağı daha düşük değerlere sahip olmuştur. Kızartma boyunca % 5 biberiye bitkisi ve etanol ekstraktı içeren fındık yağlarında ise diğer yağlara kıyasla daha düşük *p*-anisidin değerleri saptanmıştır. 2. ve 3. gün sonlarında etanol ekstraktı

içerenler, % 5 biberiye bitkisi içeren fındık yağlarından daha düşük değerler sergilerken, diğer günlerde % 5 biberiye katkılı olanlar daha etkili olmuşlardır.

Che Man ve Wan Hussin (1998), derin yağda kızartma işlemi sırasında kızartma süresi arttıkça palm oleinin *p*-anisidin değerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Bir başka araştırmada Che Man ve Jaswir (2000) palm oleinin *p*-anisidin değerinin 0.96'dan 6 günlük kızartma sonunda 62.0'ye yükseldiğini, biberiye ekstraktı içeren palm oleinin *p*-anisidin değerinin ise aynı süre sonunda 50.2'ye yükseldiğini rapor etmişlerdir.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.8. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının *p*-anisidin değerindeki değişim

4.8.5. Viskozitedeki değişim

Yağ yüksek sıcaklıklarda hızla oksidasyona uğramakta, polimerizasyon reaksiyonu ve diğer kimyasal değişimler sonucu yağın viskozitesi artmaktadır. Kızartma yağının viskozitesinin artması bozulmanın bir işareti olarak kabul edilmektedir. Yağ yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında koyulaşmakta ve viskoz bir yapı kazanmaktadır. Kızartma sırasında yağ ısı transfer ortamı olarak görev yaptığından kıvamının artması ısı iletimini azaltmakta ve gıdanın yağda pişme süresini artırmaktadır (Bensmira ve ark., 2007). Viskozitedeki artıştan esas olarak kızartma sırasında oluşan polimerler sorumlu olmaktadır (Che Man ve Jaswir, 2000).

Kızartma sırasında gün sonlarında alınan yağların viskozitesi Çizelge 4.13. ve Şekil 4.9'da verilmiştir. Görüldüğü gibi kızartma süresi arttıkça oluşan polimer bileşiklerden dolayı yağların viskozitelerinde artış olmuştur ($p<0.05$). 6. gün sonunda kontrolün viskozitesinde 21.6 mPa.s artış gerçekleşirken, 1 mg/g konsatrasyonda biberiye uçucu yağı, etanol ve metanol ekstraktı içeren yağların viskozitelerinde sırasıyla 17.5, 17.7, 15.7 mPa.s artış gerçekleşmiştir.

Viskozitede en az artış ise % 5 biberiye katkılı fındık yağında gözlenmiştir. Bu yağın başlangıçtaki viskozitesi 60.1 mPA.s iken 6. gün sonunda sadece 70.1 mPa.s değerine yükselmiştir. Bu nedenle polimer maddelerin oluşumunu % 5 biberiye bitkisi ilave edilmesi önemli ölçüde engellemiştir. Ancak tüm katkılı yağlarda olduğu gibi yağa dışarıdan ilave yapılması yağın başlangıç viskozitesini artırmıştır. Bu nedenle değerlendirmede viskozitedeki değişimin esas alınması gerekmektedir.

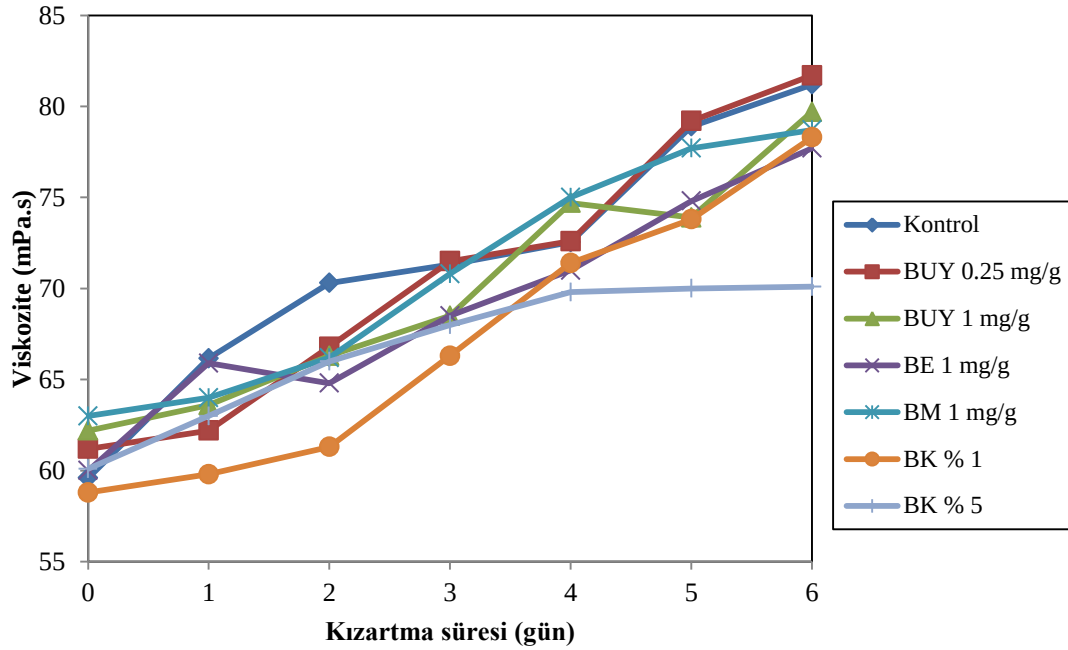
Çizelge 4.13. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının viskoziteleri (mPa.s)

Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK % 5
0	59.6±0.1 gE	61.2±0.1 gC	62.2±0.1 gB	60.0±0.1 gD	63.0±0.1 gA	58.80±0.10 gF	60.1±0.2 fD
1	66.2±0.1 fA	62.2±0.1 fF	63.6±0.0 fD	65.9±0.0 eB	64.0±0.1 fC	59.80±0.03 fG	63.0±0.1 eE
2	70.3±0.1 eA	66.8±0.1 eB	66.3±0.1 eC	64.8±0.1 fE	66.2±0.1 eC	61.30±0.05 eF	66.0±0.1 dD
3	71.3±0.1 dB	71.5±0.2 dA	68.5±0.1 dD	68.5±0.1 dD	70.8±0.2 dC	66.30±0.02 dF	68.0±0.1 cE
4	72.5±0.1 cC	72.6±0.1 cC	74.7±0.1 bB	71.0±0.1 cE	75.0±0.1 cA	71.40±0.02 cD	69.8±0.1 bF
5	78.9±0.2 bB	79.2±0.2 bA	73.9±0.0 cE	74.8±0.1 bD	77.7±0.1 bC	73.80±0.02 bE	70.0±0.1 abF
6	81.2±0.3 aB	81.7±0.1 aA	79.7±0.1 aC	77.7±0.1 aF	78.7±0.1 aD	78.30±0.03 aE	70.1±0.1 aG
Değişim	21.6	20.5	17.5	17.7	15.7	19.5	10.0

a-g, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

A-G, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler dört tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.9. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının viskozitelerindeki değişim

Che Man ve Jaswir (2000) kızartma sırasında biberiye ekstraktının palm oleinin viskozitesini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada kontrolün viskozitesi 50.2 cp değerinden 6 günlük kızartma sonunda 71.1 cp değerine yükselmiştir. Palm oleine % 0.4 oranında biberiye ekstraktı eklendiğinde ise aynı süre sonunda yağın viskozitesi 65.3 cp değerine yükselmiştir.

4.8.6. Renkte gerçekleşen değişim

Derin yağda kızartma işlemi sırasında oksidasyon sonucu oluşan polimer maddeler nedeniyle yağın rengi koyulaşmakta, kırmızı ve sarı renk şiddetlerinde artış olmaktadır. Derin yağda kızartma sırasında yağın L* değeri düşmekte, a* ve b* değerleri ise yükselmektedir (Maskan, 2003). Çizelge 4.14, 4.15, 4.16 ile Şekil 4.10, 4.11, 4.12’de kızartma sırasında alınan yağların renk değerlerindeki değişimler verilmiştir.

Çizelge 4.14. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının L* değerleri

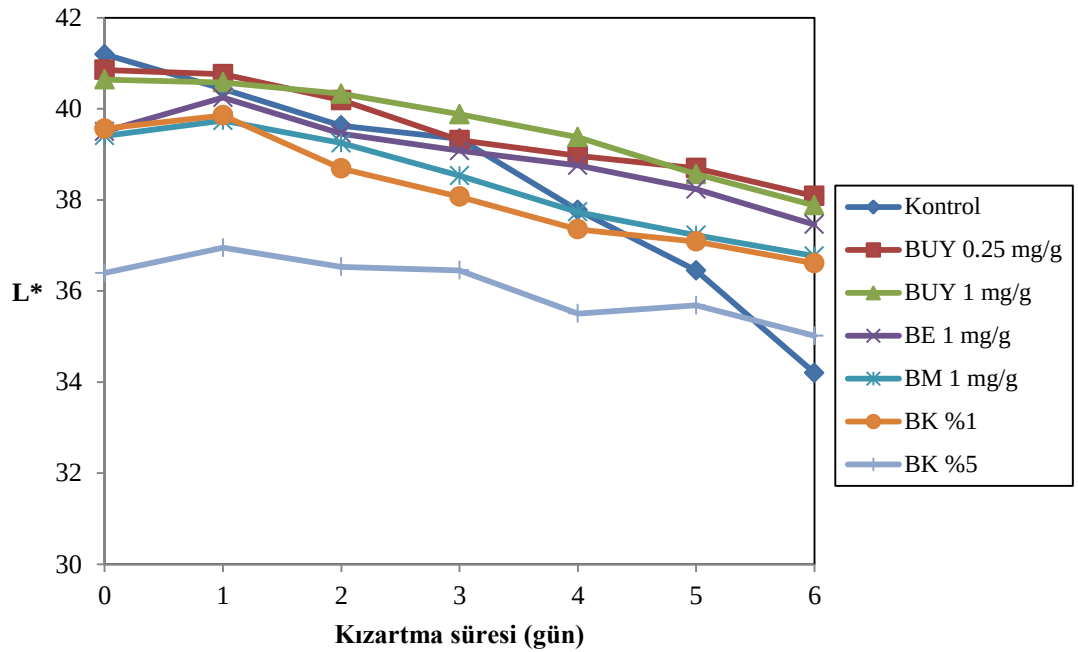
Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK % 5
0	41.20±0.01 aA	40.86±0.01 aB	40.65±0.02 aB	39.50±0.01 bE	39.41±0.01 bF	39.57±0.01 bD	36.40±0.01 bG
1	40.44±0.04 bC	40.76±0.00 bA	40.58±0.00 aB	40.25±0.01 aD	39.74±0.00 aF	39.86±0.06 aE	36.95±0.01 aG
2	39.63±0.04 cC	40.19±0.00 cB	40.33±0.01 bA	39.46±0.02 cD	39.25±0.00 cE	38.69±0.10 cF	36.53±0.00 bG
3	39.35±0.04 dB	39.31±0.00 dB	39.88±0.01 cA	39.08±0.01 dC	38.53±0.00 dD	38.07±0.04 dE	36.46±0.16 bF
4	37.78±0.01 eD	38.97±0.00 eB	39.38±0.08 dA	38.76±0.01 eC	37.74±0.01 eD	37.36±0.09 eE	35.51±0.01 dF
5	36.45±0.03 fF	38.70±0.01 fA	38.57±0.01 eB	38.24±0.02 fC	37.23±0.01 fD	37.09±0.08 fE	35.69±0.01 cG
6	34.20±0.00 gG	38.09±0.01 gA	37.88±0.01 fB	37.46±0.00 gC	36.77±0.01 gD	36.61±0.07 gE	35.02±0.01 eF
Değişim	7.00	2.77	2.77	2.04	2.64	2.96	1.38

a-f, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

A-G, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.14’de görüldüğü gibi tüm denemelerde kızartma sırasında yağda gözlenen kararın nedeniyle L^* değerinde düşme olmaktadır ($p<0.05$). En fazla değişim kontrolde gözlenmiştir (7.00 birim) Kontrolün L^* değeri 41.20’den kızartma sonunda 34.20’ye düşmüştür. En az değişim ise biberiye etanol ekstraktı ile % 5 biberiye bitkisi ilave edilen numunelerde gerçekleşmiştir. Bu katkıları içeren yağların daha düşük oksidasyon ürünlerine sahip oldukları diğer analizler (konjuge dien, *p*-anisidin, polar madde) ile de ortaya konulmuştur. Ancak yağa biberiye bitkisi veya ekstraktı ilave edilmesi fındık yağının renginin koyulaşmasına ve a^* ve b^* değerlerinde artışlara neden olmaktadır. Özellikle % 5 oranda biberiye bitkisi ilave edildiğinde renk değerleri diğer denemelerden oldukça farklı olmuştur.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.10. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının L^* değerlerindeki değişim

Çizelge 4.15. incelendiğinde kızartma süresince kırmızı-yeşil renk şiddetlerini ifade eden a^* değerlerinde artış olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Termik oksidasyon sonucu oluşan bileşikler yağın kırmızı renk şiddetini artırmaktadır. Kırmızı renk şiddetinde en fazla değişim 3.28 ile kontrolde gerçekleşirken, en az değişim 0.25 mg/g biberiye uçucu yağı katkılı yağda gözlenmiştir. Biberiye etanol ekstraktı ilave edilen yağda ise başlangıçtaki renk değerleri -0.84'den kızartma süresi sonunda 0.71'e yükselmiş, değişim ise 1.55 olarak hesaplanmıştır.

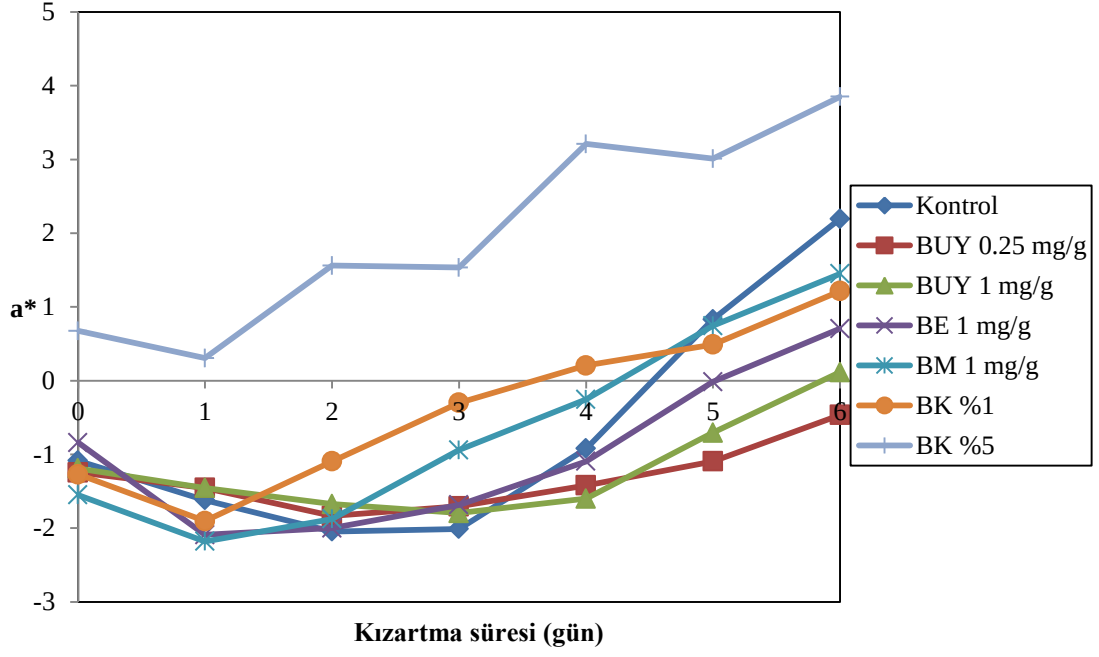
Çizelge 4.15. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının a^* değerleri

Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK %5
0	-1.09±0.01 dC	-1.25±0.01 cE	-1.19±0.00 cD	-0.84±0.01 cB	-1.55±0.01 eG	-1.27±0.01 fF	0.68±0.01 eA
1	-1.62±0.00 eC	-1.46±0.01 eB	-1.46±0.01 dB	-2.09±0.00 gE	-2.18±0.01 gF	-1.91±0.02 gD	0.31±0.01 fA
2	-2.05±0.01 fF	-1.84±0.02 gD	-1.68±0.01 fC	-2.00±0.01 fE	-1.88±0.01 fD	-1.10±0.04 eB	1.56±0.01 dA
3	-2.01±0.00 fF	-1.71±0.02 fD	-1.80±0.01 gE	-1.69±0.01 eD	-0.94±0.00 dC	-0.30±0.00 dB	1.54±0.05 bA
4	-0.92±0.01 cD	-1.42±0.03 dF	-1.60±0.06 eG	-1.10±0.02 dE	-0.26±0.01 cC	0.21±0.02 cB	3.21±0.03 bA
5	0.83±0.04 bB	-1.10±0.02 bG	-0.71±0.02 bF	-0.02±0.04 bE	0.75±0.02 bC	0.49±0.01 bD	3.01±0.01 cA
6	2.20±0.01 aB	-0.47±0.03 aG	0.12±0.04 aF	0.71±0.01 aE	1.45±0.01 aC	1.22±0.01 aD	3.85±0.00 aA
Değişim	3.28	0.78	1.31	1.55	3.00	2.49	3.18

a-g, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$)

A-G, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.11. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının a* değerlerindeki değişim

Diğer taraftan % 5 oranında biberiye katkılı olan yağın başlangıç a değerleri diğer denemelere kıyasla daha yüksek olup 0.68 değerinden 3.85 değerine yükselmiştir. Yine de kızartma süresince gerçekleşen değişim kontroldeki değişimden daha düşük olmuştur.

Sarı-mavi renk şiddetlerini gösteren b* değerlerinin de kızartma süresince arttığı görülmektedir (Çizelge 4.16., Şekil 4.12., $p < 0.05$). Sadece biberiye katkılı fındık yağlarının sarı renk şiddetinde kızartmalar sırasında azalma gerçekleşmiştir. En az değişim de bu yağda olmuştur. Kontrolün başlangıçtaki b* değeri düzenli olarak artış göstererek 4.65 değerinden 18.91 değerine yükselmiştir. Biberiye uçucu yağını 0.25 ve 1 mg/g düzeyinde içeren yağlarda da kontroldekine benzer oranlarda olmak

üzere 12.38 ve 13.1 birimlik artışlar olmuştur. Biberiye uçucu yağı eklenmesi başlangıçta yağın b* değerini fazlaca etkilemez iken, 1 mg/g biberiye etanol ve biberiye metanol ekstraktlarının ilave edilmesi yağın b* değerlerinin daha yüksek dolayısıyla yağın daha sarı renkli olmasına neden olmuştur. Biberiye etanol ve metanol ekstraktı ile % 1 biberiye bitkisi içeren fındık yağlarının b* değerlerinde benzer değişimler gözlenmiştir. % 5 biberiye katkılı olan yağın ise kızartmaların başlangıcındaki kırmızı renk değerlerinde olduğu gibi b* değerleri de diğer denemelerden yüksek olmuştur. Ancak 6 günlük kızartma sırasında b* değerinde bir miktar düşme gerçekleşmiştir. Kızartma süresince gerçekleşen değişim göz önünde bulundurulduğunda en az değişim % 5 biberiye katkılı olan yağda gerçekleşmiştir.

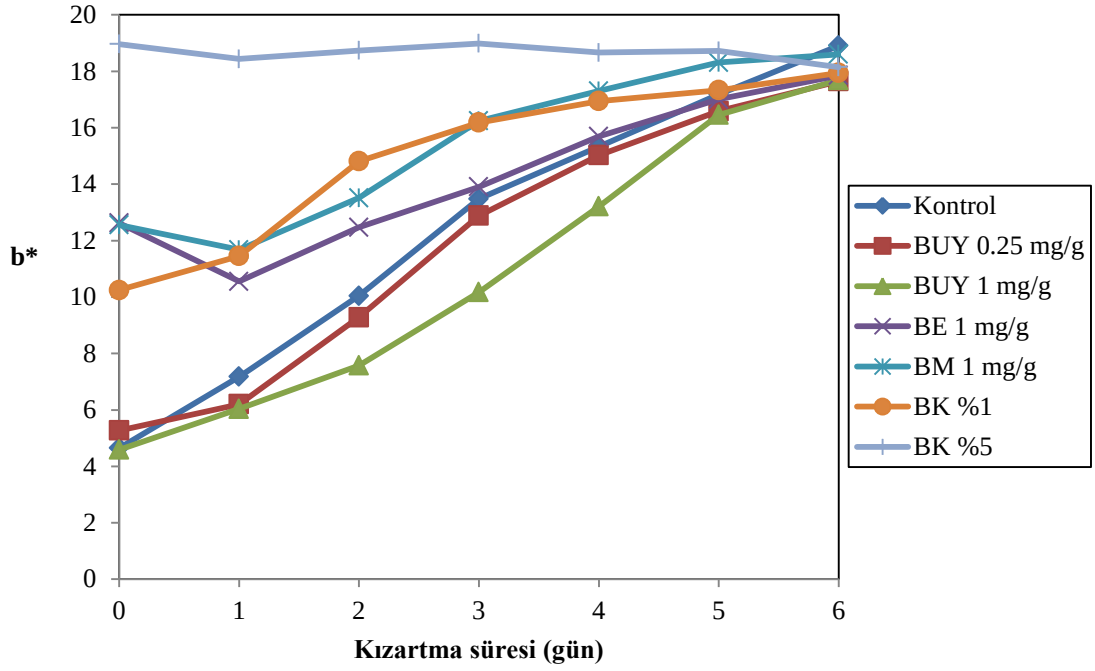
Çizelge 4.16. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının b* değerleri

Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK % 5
0	4.65±0.01 gE	5.27±0.00 gD	4.59±0.01 gE	12.63±0.05 eB	12.56±0.02 fB	10.25±0.16 gC	18.97±0.02 aA
1	7.18±0.04 fE	6.20±0.01 fF	6.04±0.01 fG	10.56±0.01 gD	11.68±0.01 gB	11.46±0.05 fC	18.44±0.04 cA
2	10.04±0.04 eE	9.28±0.01 eF	7.58±0.01 eG	12.47±0.11 fD	13.52±0.02 eC	14.82±0.06 eB	18.74±0.01 bA
3	13.48±0.03 dD	12.89±0.02 dE	10.17±0.01 dF	13.91±0.02 dC	16.24±0.03 dB	16.1±0.32 dB	18.99±0.10 aA
4	15.33±0.03 cE	15.03±0.03 cF	13.21±0.16 cG	15.69±0.03 cD	17.30±0.01 cB	16.95±0.05 cC	18.67±0.01 bA
5	17.19±0.06 bD	16.59±0.02 bF	16.46±0.04 bG	17.01±0.06 bE	18.31±0.01 bB	17.33±0.03 bC	18.72±0.03 bA
6	18.91±0.02 aA	17.65±0.03 aE	17.69±0.03 aE	17.85±0.01 aD	18.60±0.03 aB	17.95±0.12 aD	18.15±0.02 dC
Değişim	14.26	12.38	13.10	5.23	6.05	7.70	0.82

a-g, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

A-F, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

Şekil 4.12. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının b^* değerlerindeki değişim

Her yağ grubu için kızartma sırasında her gün sonunda alınan numunelerin L^* , a^* ve b^* değerlerinden yararlanılarak hesaplanan TRF değerleri Çizelge 4.17’de sunulmuştur.

Kızartma süresi arttıkça yağların TRF değerleri de artmaktadır (Çizelge 4.17.). En fazla artış 6. gün sonunda kontrolde (16.22) gerçekleşmiştir. En düşük TRF değerleri ise kızartmalar sonunda % 5 oranında biberiye içeren yağda (3.56) gözlenmiştir. Bu yağı biberiye 5.82 TRF ile biberiye etanol ekstraktı içeren yağ izlemiştir. Bu yağlarda TRF değerlerindeki artış hızı da diğer yağlardan daha yavaş olmuştur. Bu yağlarda TRF değerlerinde fazlaca değişim olmadığı için polimer oluşumunun daha düşük düzeyde olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.17. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının başlangıca kıyasla toplam renk farkı değerleri

Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK % 5
1	2.70	0.96	1.47	2.53	1.13	1.40	0.85
2	5.70	4.11	3.04	1.18	1.03	4.66	0.92
3	9.07	7.78	5.66	1.59	3.84	6.20	0.86
4	11.22	9.94	8.72	3.16	5.19	7.21	2.70
5	13.54	11.52	12.06	4.64	6.57	7.71	2.45
6	16.22	12.71	13.45	5.82	7.25	8.61	3.56

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları

4.8.7. Yağ asidi bileşiminde gerçekleşen değişim

Taze fındık yağının ve derin yağda kızartma işleminin altıncı gününde alınan yağ numunelerinin yağ asiti bileşimleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Görüldüğü gibi termik oksidasyon nedeniyle kızartma süresi arttıkça doymamış yağ asitlerinden C18:1 ve C18:2 oranlarında düşme gerçekleşirken, C16:0 ve C18:0 oranlarında artış olmaktadır. Kontrol denemede fındık yağının başlangıçtaki C16:0, C18:0, C18:1 ve C18:2 oranları sırasıyla % 4.79, 2.00, 79.55, 12.87 iken 6. gün sonunda % 10.90, 2.42, 75.01, 10.71 şeklinde değişim göstermiştir. Yağ asiti bileşimi % oranları şeklinde verildiğinden doymamış yağ asitlerindeki, değişimin ifade edilmesinde fındık yağının kızartma süresince C18:1/C16:0 oranı 16.6’dan 6.9’a düşerken, C18:2/C16:0 oranı 2.7’den 1.0’a düşmüştür. Trans yağ asidi oranı ise % 0.08’den 0.18’e yükselmiştir.

Che Man ve Wan Hussin (1998) derin yağda kızartma işlemi sırasında palm oleinin doymuş yağ asidi içeriğinde artış, doymamış yağ asitlerinden linoleik asitte ise düşme olduğunu belirtmişlerdir. Alireza ve ark. (2010) çeşitli bitkisel sıvı yağlar ve

bunların karışımlarının derin yağda kızartma işlemi sırasında yağ asiti bileşimi ile iyot sayısında belirgin değişimler olduğunu saptamışlardır.

Casal ve ark. (2010) derin yağda kızartma işlemleri sırasında zeytinyağının doymuş yağ asiti içeriğinde çok az artış olduğunu, doymamış yağ asitlerinden C18:1, C18:2 ve C18:3 oranlarında ise oksidasyon nedeniyle düşme gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca trans yağ asiti oranında da artış olduğunu tespit etmişlerdir. Tsuzuki ve ark. (2010) ise parmak patateslerin kanola yağında 10. kızartma sonunda 0.99-1.05 g/100 g lipid düzeyinde trans yağ asiti içerdiğini belirtmiştir.

Biberiye uçucu yağı, ekstraktları veya bitkisi içeren fındık yağlarında da kontroldekine benzer değişimler olmuştur. % 5 biberiye katkılı olan fındık yağında kızartma sonrasında C18:1/C16:0 oranı 7.6, C18:2/C16:0 oranı ise 1.2 olup başlangıca kıyasla bu oranlarda sırasıyla 8.4 ve 1.5 birimlik düşme olmuştur. Bu oranlardaki değişim hem kontrolde (9.7 ile 1.7) hem de diğer yağ gruplarında daha yüksek olmuştur. Bu durumda % 5 biberiye bitkisi katılmasının doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu bir miktar önlediği sonucuna varılabilir.

Che Man ve Jaswir (2000) tarafından biberiye ve adaçayı ekstraktları eklenmiş olan yağlarda kontrol ile kıyaslandığında C18:2/C16:0 oranında daha az değişim olduğu belirlenmiştir. Réblová ve ark. (1999) kolza yağında patates kızartılması sırasında çoklu doymamış trigliseritlerin miktarının kızartma süresi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Yazarlara göre biberiye ekstraktı eklenen kolza yağlarının doymamış trigliseritlerin oranında çok az değişim gerçekleşmektedir.

Çizelge 4.18. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının yağ asidi bileşimleri

Yağ asitleri (%)	Kontrol		BUY 0.25 mg/g		BUY 1 mg/g		BE 1 mg/g		BM 1 mg/g		BK % 1		BK % 5	
	Baş.	6.gün	Baş.	6.gün	Baş.	6.gün	Baş.	6.gün	Baş.	6.gün	Baş.	6.gün	Baş.	6.gün
Miristik asit (C14:0)	0.03	0.15	0.03	0.17	0.03	0.17	0.03	0.17	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.13
Palmitik asit (C16:0)	4.79	10.90	4.95	11.67	4.86	11.75	4.89	11.88	4.96	11.48	4.93	11.07	4.96	9.89
Palmitoleik asit (C16:1)	0.14	0.11	0.12	0.12	0.11	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13
Heptadekanoik asit (C17:0)	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04
cis-10-heptadekanoik asit (C17:1)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Stearik asit (C18:0)	2.00	2.42	2.03	2.45	2.01	2.44	1.98	2.46	2.01	2.44	1.98	2.41	2.01	2.33
Elaidik asit (C18:1n9t)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Oleik asit (C18:1. n-9)	79.55	75.01	79.57	74.18	78.59	73.33	79.62	73.09	79.52	74.27	79.11	73.90	79.05	74.82
Linolelaidik asit (C18:2n6t)	0.07	0.17	0.11	0.19	0.05	0.20	0.07	0.20	0.11	0.19	0.11	0.15	0.07	0.18
Linoleik asit (C18:2n6c)	12.87	10.71	12.69	10.67	13.86	11.42	12.81	11.50	12.74	10.79	13.23	11.63	13.26	11.99
Araşidik asit (C20:0)	0.11	0.14	0.11	0.14	0.10	0.15	0.10	0.15	0.11	0.14	0.10	0.14	0.10	0.13
cis-11-aykosenoik asit (C20:1)	0.16	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16	0.15
Linolenik asit (C18:3n6)	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06
Behenik asit (C22:0)	0.09	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04
Trikosanoik asit (C23:0)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Lignoserik asit (C24:0)	0.01	0.03	0.01	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
C18:1/C16:0	16.6	6.9	16.1	6.4	16.2	6.2	16.3	6.2	16.0	6.5	16.0	6.7	15.9	7.6
C18:2/C16:0	2.70	1.0	2.6	0.9	2.8	1.0	2.6	1.0	2.6	0.9	2.70	1.1	2.7	1.2
Toplam trans yağ asitleri	0.08	0.18	0.12	0.20	0.06	0.21	0.08	0.21	0.12	0.20	0.12	0.16	0.08	0.19

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları
Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

4.8.8. İndüksiyon periyodundaki değişim

Kızartma işlemi sırasında yağda bulunan antioksidan bileşikler ile biberiye kaynaklı fenolik bileşikler yüksek sıcaklığın etkisi ile parçalanacaktır. Bu sebepten dolayı yağın indüksiyon periyodunda düşme gerçekleşecektir. Hem kullanılan biberiye katkılarının oksidatif stabilitesini belirlemek, hem de tokoferoller gibi antioksidanları koruyucu etkilerini saptamak üzere kızartma sırasında alınan yağların DSC ile indüksiyon periyotları belirlenmiştir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Derin yağda kızartma sırasında biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktları içeren fındık yağlarının indüksiyon periyodundaki (dak) değişim

Günler	Kontrol	BUY 0.25 mg/g	BUY 1 mg/g	BE1 mg/g	BM 1 mg/g	BK % 1	BK %5
0	25.98±0.23 aF	26.46±0.18 aF	30.27±0.39 aE	45.94±0.30 aA	43.50±0.39 aB	37.00±0.42 aD	41.11±0.80 aC
3	12.15±0.35 bF	12.90±0.02 bE	19.30±0.36 bB	18.46±0.10 bC	18.96±0.14 bB	13.98±0.06 bD	36.72±0.06 bA
6	4.28±0.10 cE	9.43±0.66 cD	10.11±0.32 cD	17.72±0.19 cB	17.58±0.91 bB	12.31±0.30 cC	35.01±0.62 bA
Değişim	21.7	17.03	20.16	28.22	25.92	24.69	6.1

150 °C’de DSC cihazı kullanılarak indüksiyon periyotları belirlenmiştir.

a-c, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

A-F, aynı satırda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BM, biberiye metanol ekstraktı, BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağları. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Çeşitli araştırmacılar da sürekli kızartma işlemlerinde yağ bozulmasının izlenmesinde kızartma boyunca alınan yağlarda indüksiyon periyodunu belirlemişlerdir (Mariod ve ark., 2006). Beklenildiği gibi kızartma süresi arttıkça tüm yağların indüksiyon periyodunda düşme gerçekleşmiştir (p<0.05). İndüksiyon periyodunda en az düşme % 5 biberiye katkılı yağda olmuştur. Bu yağın 6. gün sonunda indüksiyon periyodu 35.01 dakika olup diğer yağların sahip olduğu değerlerin 2 veya 3 katıdır. Biberiye etanol ve metanol ekstraktlarını içeren yağların indüksiyon periyotları benzer şekilde

düşme göstermiş ve başlangıca kıyasla indüksiyon periyodunda sırasıyla 28.22 ve 24.69 dakikalık azalma gerçekleşmiştir. % 1 oranda biberiye katkılı olan yağın indüksiyon periyodu 6. gün sonunda 12.31 dakika olup, 0.25 veya 1 mg/g biberiye uçucu yağı içeren yağların sahip oldukları değerlerden (9.43 ve 10.11 dakika) daha yüksek olmuştur.

Mariod ve ark. (2006) kızartma süresi arttıkça kullanılan yağın oksidatif stabilitesinin düştüğünü bildirmişlerdir. Palm oleinin indüksiyon periyodu 6 saatlik kızartma sonunda % 50 oranında düşerken, 60 saatlik kızartma sonunda yağın indüksiyon periyodu 120 °C’de 1 saate kadar inmiştir.

Casal ve ark. (2010) ekstra naturel zeytinyağının 110 °C’deki indüksiyon periyodunun 16.24 saatten 6 saatlik derin yağda kızartma işlemi (170 °C’de) sonunda 4.44 saate, 27 saat sonunda ise 1.59 saate düştüğünü bildirmiştir. Görüldüğü gibi kızartmanın ilk saatlerinde indüksiyon periyodunda çok hızlı bir düşme olmakta, kızartma işlemine daha uzun süre devam edilmesine rağmen fazlaca bir değişim gerçekleşmemektedir.

4.9. Kızartılmış Patateslerde Gerçekleştirilen Analizler

Kızartma sırasında hem yağın hem de, kızartılan gıdanın fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinde değişim gerçekleşmektedir. Kızartılmış patateslerin tekstürü, rengi ve yağ içeriği en önemli kalite kriterlerinden olmaktadır (Troncoso ve ark., 2009).

Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve etanol ekstraktı içeren fındık yağları ile herhangi bir ilave yapılmayan kontrol numunesinde dondurulmuş parmak patates kızartılmış, patateslerin kuru madde miktarları ve yağ içerikleri belirlenmiştir. Patateslerin duyusal analizi gerçekleştirilmiş, renkleri ve tekstürel özellikleri araştırılmıştır.

4.9.1. Kuru madde ve absorplanan yağ miktarları

Hem dondurulmuş hem de kızartılmış patateslerin nem ve kuru madde miktarları belirlenmiştir (Çizelge 4.20.). Dondurulmuş patatesler % 33.1 kuru maddeye sahip bulunmaktadır. Dondurulmuş patateslerin üretiminde bir ön kızartma işlemi uygulandığından % 2.9 oranında ise yağ içermektedir. Tüm kızartma denemelerinde patateslerin hem kuru madde içeriklerinde, hem de yağ içeriklerinde artış olmuştur. Kuru madde miktarındaki artışın nedeni patatesteki nemin kızartma sırasında su buharı şeklinde yapıdan uzaklaşmasıdır. Patates içindeki kılcallardan nem uzaklaştığında nemin yerini çok kısa bir sürede yağ almaktadır. Bu da yağ miktarının artmasının sebebidir. % 5 biberiye katkılı yağda kızartılan patatesteki kuru madde oranı en yüksek olmuştur. Ancak biberiye katkılarının patateslerin kuru madde miktarları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur ($p>0.05$). Yağ içerikleri incelendiğinde en düşük yağ içeriği fındık yağında (kontrol) kızartılan patateslerde saptanmış olup, eklenen katkılar patateslerin daha fazla yağ absorbe etmesine neden olmuştur. En fazla etanol ekstraktı içeren patatesler yağ absorbe etmiştir.

Tsuzuki ve ark. (2010) ise kanola yağında kızartılan parmak patateslerin % 8.8-9.2 oranında yağ absorbe ettiğini saptamışlardır.

Çizelge 4.20. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarda kızartılan patateslerin kuru madde ve yağ miktarları

Patatesler	Kuru madde miktarı (%)	Yağ miktarı (%)
Dondurulmuş patates	33.1±4.4	2.9±0.3
Kontrol	55.6±1.7a	9.2±1.1b
BUY 1 mg/g	52.6±6.9a	10.9±0.9ab
BE 1 mg/g	53.9±5.3a	12.2±0.6a
BK % 5	57.9±0.3a	11.6±1.7a

a-b, aynı sütunda yer alan değerler birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$)

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağlarında kızartılan patatesler. Kuru madde miktarı 2, yağ miktarı ise 3 tekrarlı olarak belirlenmiştir.

4.9.2. Duyusal analiz

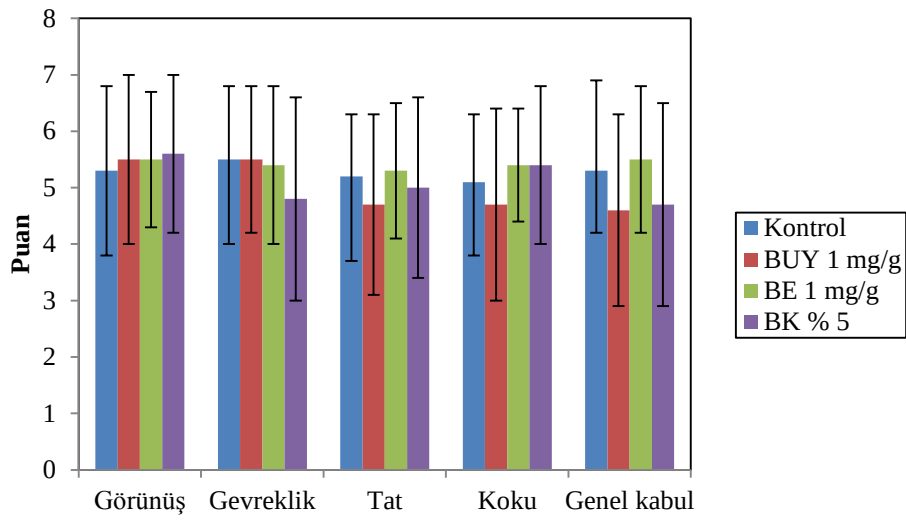
Literatürde biberiye bitkisi veya ekstraktları aroma vermek veya lipit oksidasyonunu önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Antioksidan aktivitesi yüksek olmasına rağmen keskin ve karakteristik kokuya sahip olması kullanımını kısıtlamaktadır. Çok düşük konsantrasyonlarda bile tat olarak algılanabilmektedir (Bandoniené ve ark., 2002). Bu nedenlerle bu çalışmada biberiye katkılı yağlarda kızartılan patateslerin duyusal özellikleri de incelenmiştir.

Kızartılmış patateslerin duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.21 ve Şekil 4.13’de verilmiştir. Panalistler tarafından verilen puanlar dikkate alındığında genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı biberiye etanol ekstraktı içeren yağda kızartılan patatesler almıştır. Tat ve koku için de aynı patatesler en yüksek puanı almıştır. Görünüş açısından patateslere verilen puanlar birbirine çok yakın olmuştur. Gevrekliği en az olan patatesler ise biberiye katkılı yağda kızartılanlar olmuştur. Ancak biberiye katkıları içeren yağlarda kızartılan patateslerin duyusal özellikleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemsiz olmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.21. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarda kızartılan patateslerin duyu analizi sonuçları

Patatesler	Görünüş	Gevreklik	Tat	Koku	Genel kabul
Kontrol	5.3±1.5a	5.5±1.3a	5.2±1.1a	5.1±1.2a	5.3±1.6a
BUY 1 mg/g	5.5±1.5a	5.5±1.3a	4.7±1.6a	4.7±1.7a	4.6±1.7a
BE 1 mg/g	5.5±1.2a	5.4±1.4a	5.3±1.2a	5.4±1.0a	5.5±1.3a
BK % 5	5.6±1.4a	4.8±4.8a	5.0±1.6a	5.4±1.4a	4.7±1.8a

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BK, biberiye bitkisi katkı fındık yağlarında kızartılan patatesler. Duyusal analiz 24 panelist tarafından yapılmıştır.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BK, biberiye bitkisi katkı fındık yağları

Şekil 4.13. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarda kızartılan patateslerin duyu analizi sonuçları

Che Man ve Jaswir (2000) 7 puanlı (7-point hedonic scale test) duyu analizinde 1= çok kötü, 4=orta derecede 7= çok iyi olarak değerlendirilirken 3.5'in üzerindeki puanların kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Palm oleine katılan biberiye ve adaçayı ekstraktlarının kızartılmış patateslerin gevreklik dışındaki diğer duyu özelliklerini iyileştirdiği bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada Jaswir ve ark. (2000) benzer şekilde biberiye, adaçayı ve sitrik asit ilavesinin 5 günlük tekrarlı kızartma

işleminde patates cipslerinin duysal olarak kabul edilebilirliğini artırdığını rapor etmişlerdir.

4.9.3. Tekstür analizi

Kızartılmış patateslerin tekstürel özellikleri özgül ağırlık, toplam katı madde miktarı, nişasta içeriği, gözenek büyüklüğü, yüzey alanı ve pektin miktarı ile direkt olarak ilişkili olmaktadır. Kızartma sırasındaki tekstürel değişimler kimyasal reaksiyonlar ile birlikte ısı ve kütle aktarımını içeren çeşitli fiziksel, kimyasal ve yapısal değişimlerin bir sonucudur. Yüksek kalitedeki patates kızartması yağın büyük bir kısmının toplandığı 1-2 mm kalınlığında gevrek bir kabuğa sahip olmalı, pişmiş patates gibi ortası ıslak ve yumuşak yapıda olmalıdır (Troncoso ve ark. 2009). Patateste bulunan nişasta ile nişasta dışı polisakkaritler, örneğin pektik bileşikler, özellikle çözünür pektinler ve protopektinler kızarmış patatesin tekstürünü belirleyen maddelerdir (Lisińska ve ark. 2007).

Kızartılmış patateslerin tekstürel özelliklerini belirlemek üzere delme ve kesme testleri uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir. Farklı katkıları içeren yağlarda kızartılan patateslerin maksimum kesme ya da delme kuvvetleri birbirine çok yakın olup, kızartılmış patateslerin sertliği-gevrekliği üzerine katkıların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Kızartılmış patates dilimini kesmek için gerekli olan maksimum kuvvet (F_{kesme}) değerleri karşılaştırıldığında biberiye etanol ekstraktı içeren yağda kızartılan patateslerin en yüksek değerlere (7.24 N) sahip olduğu görülmektedir. Patatesleri kesme sırasında eğrinin altında kalan alan değerleri de birbirine oldukça yakın olup 24.9 ile 26.58 Nxs arasında

değişim göstermiştir. En yüksek değer benzer şekilde biberiye etanol ekstraktı içeren yağda kızartılan patateslerde saptanmıştır. % 5 biberiye bitkisi içeren yağda ise F_{kesme} en düşük olup (6.98 N) kontrolün sahip olduğu değerlere (6.97 N) oldukça yakın olmuştur.

Patatesleri delmek için gerekli kuvvet patatesin yine gevrekliği ve kabuk yapısı ile ilgilidir. Kesme kuvvetinin aksine en düşük delme kuvveti (F_{delme}) (134.9 g) biberiye etanol ekstraktı içeren yağda kızartılan patateslerde saptanmıştır. En yüksek delme kuvveti (146.1 g) ise kontrol denemede saptanmıştır. Hem biberiye etanol ekstraktı hem de biberiye bitkisi içeren yağlarda kızartılan patateslerin kontrole kıyasla düşük delme kuvvetlerine sahip olmaları onların daha gevrek olduklarını göstermektedir.

Çizelge 4.22. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarında kızartılan patateslerin tekstür analiz sonuçları

Patatesler	F_{kesme} (N)	Alan (N x s)	F_{delme} (g)
Kontrol	6.97±1.91a	24.9±5.40a	146.1±61.5a
BUY 1 mg/g	7.09±2.37a	26.46±8.36a	144.4±71.7a
BE 1 mg/g	7.24±1.92a	26.58±6.76a	134.9±55.8a
BK % 5	6.98±1.76a	25.12±4.91a	137.9±45.7a

F_{kesme} , patatesi kesmek için gerekli olan kuvvet; F_{delme} , patatesi delmek için gerekli kuvvet; Alan, kesme kuvveti belirlenirken eğrinin altında kalan alan Nxs.

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağlarında kızartılan patatesler. Delme testi sırasında 38 ölçüm, kesme testi sırasında ise 32 ölçüm yapılmıştır.

4.9.4. Renk tayini

Kızartılmış patateslerin rengi kalitesini gösteren diğer önemli bir parametredir. Sıcaklık ve sürenin etkisi ile yüzeyde indirgen şekerler ile aminoasitler veya proteinler arasındaki Maillard reaksiyonu sonucu patateslerin rengi oluşmaktadır.

Patatesteki indirgen şeker miktarı düşük olduğunda renk gelişimi minimum düzeyde gerçekleşmektedir (Troncoso ve ark. 2009).

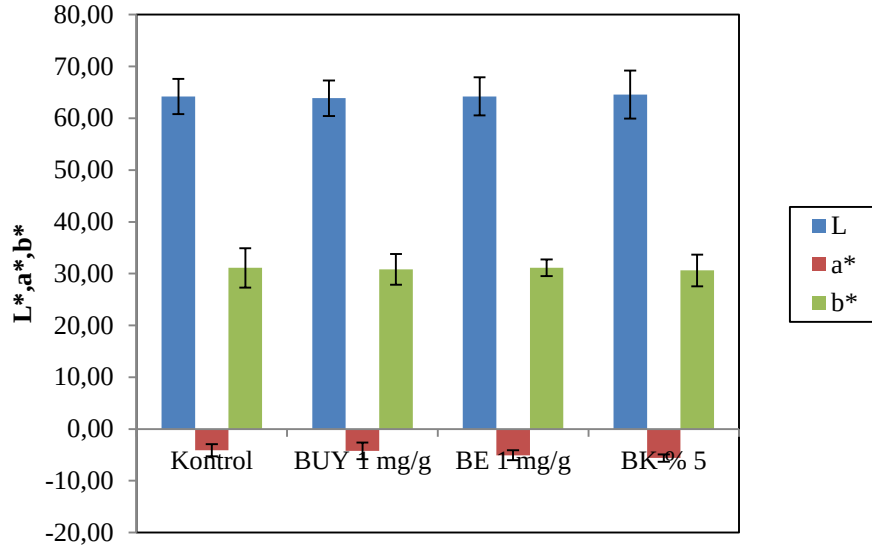
Kızartılmış patateslerin L*, a* ve b* değerleri belirlenmiş ve kontrol denemedeki patateslerin değerleri ile karşılaştırılarak TRF değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.23, Şekil 4.14). Dondurulmuş patateslerin L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 76.00, -3.62 ve 18.01 olarak belirlenmiştir. Dondurulmuş patateslerin kızartılması sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu sonucu L* değerinde düşme (renkte koyulaşma) ve b* (renkte sararma) değerinde artış meydana gelmektedir.

Çizelge 4.23. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarında kızartılan patateslerin renk değerleri

	L*	a*	b*	TRF
Dondurulmuş patates	76.00±3.34	-3.62±0.60	18.01±3.09	
Kontrol	64.20±3.4a	-4.10±1.17a	31.11±3.81a	
BUY 1 mg/g	63.87±3.42a	-4.21±1.61a	30.82±2.98a	0.45
BE 1 mg/g	64.22±3.69a	-5.07±0.96b	31.14±1.61a	0.98
BK % 5	64.58±4.64a	-5.60±0.72c	30.61±3.06a	1.63

BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağlarında kızartılan patatesler; TRF, toplam renk farkı. 100 g patates kullanılmış ve 45 değerin ortalaması alınmıştır.

Kızartılmış patateslerin L* değerleri 63.87 ile 64.58, a* değerleri -4.10 ile -5.60, b* değerleri ise 30.61-31.14 değerleri arasında değişim göstermiştir. Kontrol denemedeki patateslerin renkleri esas alındığında en fazla TRF değeri (1.63) % 5 biberiye katkılı yağda kızartılan patateslerde saptanmıştır.



BUY, biberiye uçucu yağı; BE, biberiye etanol ekstraktı; BK, biberiye bitkisi katkılı fındık yağlarında kızartılan patatesler

Şekil 4.14. Biberiye bitkisi, uçucu yağı ve ekstraktı içeren fındık yağlarında kızartılan patateslerin renk değerleri

Biberiye bitkisinin ilave edilmesi hem yağın hem de kızartılan patateslerin renklerini etkilemektedir. Biberiye uçucu yağı ilave edilen yağda kızartılan patateslerde ise 0.45 TRF değeri hesaplanmış olup kontrole çok yakın değerlere sahip olmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde yapılan katkıların patateslerin rengi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada biberiye bitkisinin, çözücü ekstraktının ve uçucu yağının derin yağda kızartma işlemi sırasında fındık yağının oksidatif stabilitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla biberiye bitkisinden etanol ve metanol kullanılarak çözücü ekstraktları ve su buharı distilasyonu ile ise uçucu yağ elde edilmiştir. Biberiye etanol ve metanol ekstraktları gallik asit cinsinden 104.6 ve 172.3 mg/g toplam fenolik maddeye sahip iken, uçucu yağı 7.1 mg/g fenolik madde içermektedir.

Genel olarak linoleik asit emülsiyonunda 0.25-20 mg/mL konsantrasyon aralığında hem biberiye uçucu yağı, hem de ekstraktları α - tokoferolden daha yüksek, BHT ile ise yarışabilecek antioksidan aktivite değerlerine sahip olmuşlardır. β -karoten ağartma metodu kullanıldığında linoleik asit emülsiyonunda biberiye etanol ekstraktı % 75.9-95.8 oranlarında antioksidan aktivite değerleri ile biberiye metanol ekstraktından (% 43.3-93.3) ve biberiye uçucu yağından (% 3.2-50.5) daha etkili olmuştur. 0.25-5 mg/mL arasındaki konsantrasyonlarda biberiye metanol ekstraktı (% 21.8-93.3), etanol ekstraktına (% 13.1-92.4) kıyasla daha yüksek DPPH radikallerini yakalama gücüne sahip olmuştur. Uçucu yağ ise diğer antioksidan aktivite yöntemlerinde olduğu gibi çok düşük düzeylerde (% 4.6-17.4) radikal yakalama güçleri sergilemiştir. Biberiye ekstraktları, α - tokoferol ve BHT çözeltileri konsantrasyon arttıkça daha yüksek indirgeme güçlerine sahip olmuşlardır. 10-20 mg/mL konsantrasyonlarda en yüksek değerler metanol ekstraktlarında saptanmıştır.

Biberiye bitkisi, ekstraktları ve uçucu yağlarını farklı konsantrasyon veya oranlarda içeren fındık yağlarının 150 °C'daki indüksiyon periyotları kontrolün sahip olduğu 25.98 dakikadan daha yüksek olmuştur. En yüksek koruma faktörü 2.2 ile % 20 oranında biberiye bitkisi içeren fındık yağında belirlenmiştir. Konsantrasyon artışı yağın indüksiyon periyodunun artmasına, dolayısı ile yapılan katkıların koruma faktörlerinin yükselmesine neden olmuştur. Diğer taraftan 0.25 ve 0.5 mg/g konsantrasyonlarda biberiye uçucu yağı içeren yağlar dışındaki tüm denemelerde BHT, BHA veya α -tokoferol içerenlerden daha yüksek indüksiyon periyotları saptanmıştır. Fındık yağı trigliseritlerine eklenen biberiye bitkisi ve ekstraktlarının da indüksiyon periyotlarını yükselttiği ve koruma faktörlerinin fındık yağında yapılan denemelerdekinden çok daha yüksek olduğu saptanmıştır. Biberiye uçucu yağının ise trigliseritlerin oksidasyonun önlenmesinde etkisi düşük olmuştur.

Biberiye katkılarını içeren fındık yağlarının fenolik madde miktarları (9.0- 439.4 mg/kg) katkı içermeyen fındık yağından (7.0 mg/kg) daha yüksek olmuştur. Biberiye bitkisi fındık yağına % 1, 3, 5, 10 ve 20 oranlarında eklendiğinde yağın fenolik madde miktarları sırası ile 96.3, 125.8, 287.3, 439.4 mg/kg olarak değişmiştir.

Derin yağda kızartma işleminde 180 ± 5 °C'da günde 10 defa olmak üzere 6 gün boyunca dondurulmuş parmak patates kızartılmıştır. Serbest yağ asiti içeriği kızartma süresi arttıkça artarken, yapılan katkılar yağın serbest asitliğini düşürmede etkili olamamışlardır. Sadece 6 gün süresince serbest asitlikteki değişim göz önünde bulundurulduğunda % 5 oranında biberiye katkısı içeren fındık yağında kontrole kıyasla daha az değişim olmuştur. Kızartma yağlarının kalitesinin

değerlendirilmesinde en önemli ölçüt olan polar madde içeriği, biberiye katkılarını içeren tüm fındık yağlarında kontrolden daha düşük olmuştur. Kızartma süresince polar madde içeriğindeki değişim % 5 oranda biberiye bitkisi içeren fındık yağında en düşük düzeyde saptanmıştır.

Kızartma süresince yağın konjuge dien miktarı artış göstermiştir. 6 gün boyunca konjuge dien miktarındaki değişim kontrol denemede % 0.60 iken, diğer tüm denemelerde daha düşük değerler saptanmıştır. En az değişim ise % 0.35 değeri ile % 5 oranında biberiye bitkisini içeren fındık yağı ile yapılan kızartmalarda gözlenmiştir. Kızartma süresince oksidasyonun ikincil ürünleri olan aldehitlerin düzeyinde artış olmaktadır. Bu nedenle kızartmada kullanılan yağın *p*-anisidin değeri yükselmiştir. Kızartma sırasında kontrol denemede fındık yağının *p*-anisidin değeri 2.0'dan 6. gün sonunda 60.9'a yükselirken, biberiye etanol ekstratı içeren yağda 38.1, % 5 biberiye katkısını içeren yağda ise 35.2 mmol/kg değerine yükselmiştir.

Kızartma sıcaklığında gerçekleşen polimerizasyon tepkimelerinin sonucu olarak oluşan polimer maddeler nedeniyle viskozitede artış gerçekleşmiştir. Kızartmalar sırasında kontrol denemede 21.6, % 5 biberiye bitkisi içeren yağda 10.0, biberiye metanol ekstraktı içerende 15.7, biberiye etanol ekstraktını içeren yağda ise 17.7 mPa.s düzeyinde değişim gerçekleşmiştir.

Polimer maddeler yağın renginin koyulaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kızartma süresince yağların *L** değerleri düşerken, *a** ve *b** değerleri yükselmiştir. Yapılan katkılar fındık yağının *L** değerini bir miktar düşürmektedir. Ancak kızartma süresince değişim dikkate alındığında *L** değerleri tüm denemelerde

kontrolden daha düşük düzeyde olmuştur. Kırmızı ve yeşil rengi ifade eden a^* değerlerinde en az değişim (0.78) biberiye uçucu yağını içeren fındık yağında olmuştur. Mavi ve sarı rengi veren b^* değerlerinde ise en az değişim % 5 biberiye bitkisi içeren yağda gözlenmiştir.

Derin yağda kızartma işlemi sırasında fındık yağının C18:1/C16:0 oranı başlangıçtaki 16.6 değerinden 6.9'a düşerken, C18:2/C16:0 oranı 2.7'den 1.0'a düşmüştür. Trans yağ asiti içeriği ise % 0.08'den % 0.18'e yükselmiştir. 6. gün sonunda biberiye bitkisi, uçucu yağ ve ekstraktları içeren fındık yağlarının yağ asiti bileşimi kontrolün yağ asiti bileşimine benzer değişim göstermiştir. % 5 biberiye bitkisi içeren fındık yağlarında kızartma süresi sonunda C18:1/C16:0 oranı 7.6 ve C18:2/C16:0 oranı 1.2 olarak belirlenmiş olup bu oranlar kontroldekinden daha yüksek olmuştur.

Yağların başlangıçtaki ve 6. gün sonundaki indüksiyon periyotları dikkate alındığında en az düşme % 5 biberiye katkılı fındık yağında olmuştur. 6. gün sonunda bu yağın sahip olduğu indüksiyon periyodu 35.01 dakika olup, bu değer biberiye katkılarını içeren diğer tüm denemelerden daha yüksektir.

Görüldüğü gibi kızartma süresince serbest yağ asiti içeriği dışında diğer tüm analizlerde biberiye katkılarını içeren fındık yağlarında gerçekleşen değişim kontrol denemedekinden daha düşük olmuştur. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde % 5 biberiye bitkisi ve 1 mg/g konsantrasyonda biberiye etanol ekstraktını içeren yağlarda kontrole kıyasla daha düşük düzeylerde termal oksidasyon gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Kızartılmış patateslerde yapılan duyusal analiz sonucunda belirtilen katkıların patateslerin duyusal olarak kabul edilebilirliği üzerine olumsuz bir etkisi olmadığı saptanmıştır. İstatistiksel analiz sonucunda ise patateslerin gevrekliği, tadı, kokusu ve toplam kabul edilebilirliği üzerine yapılan katkıların etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Biberiye etanol ekstraktı içeren yağda kızartılan patatesler ise genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı almıştır. Tekstür ve renk açısından da katkıların etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ancak yapılan katkıların patateslerin absorbe ettikleri yağ miktarını bir miktar artırdığı belirlenmiştir.

Fındık yağı oleik asit bakımından zengin olması nedeniyle oksidatif stabilitesi yüksek bir yağdır. Ancak derin yağda kızartma işlemleri sırasında fındık yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Eklenen biberiye katkıları ise oksidasyon ürünlerinin oluşmasını önemli düzeyde önlemiştir.

Kızartma stabilitesi daha düşük olan soya yağı ve ayçiçek yağı gibi yağlara biberiye ekstraktları eklenerek bu yağların kızartma performansları araştırılabilir. Özellikle soya yağında kızartma sırasında gelişebilecek olan balık yağı tadı biberiye bitkisinden gelen aroma maddeleri tarafından maskelenerek kızartmalarda daha yaygın olarak kullanımı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Abdalla, A., Roozen J.P. 1999. Effect of plant extracts on the oxidative stability of sunflower oil and emulsion. Food Chemistry, 64, 323-329.

Alireza, S., Tan, C.P., Hamed, M., Che Man, Y.B. 2010. Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. International Food Research Journal, 17, 295-302.

AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society (5th ed.), Champaign, IL, AOCS Press.

Ayadi, M.A., Grati-Kamoun, N., Attia, H. 2009. Physicochemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants. Food and Chemical Toxicology, 47, 2613-2619.

Bandonienė, D., Venskutonis, P.R., Gruzdienė, D., Murkovic, M. 2002. Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.), savory (*Satureja hortensis* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) extracts in rapeseed oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 104, 286-292.

Bayrak, A. 2006. Gıda Aromaları, Gıda Teknoloji Derneği Yayın No: 32, Ankara.

Beddows, C. G., Jagait, C., Michael, J. K. 2001. Effect of ascorbyl palmitate on the preservation of α -tocopherol in sunflower oil, alone and with herbs and spices. Food Chemistry, 73, 255-261.

Bensmira, M., Jiang B., Nsabimana, C., Jian T. 2007. Effect of lavender and thyme incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures. Food Research International, 40, 341-346.

Bhattacharya, A.B., Sajilata, M.G., Tiwari, S.R., Singhal, R.S. 2008. Regeneration of thermally polymerized frying oils with adsorbents. Food Chemistry, 110, 562-570.

Bousbia, N., Vian, M.A., Ferhat, M.A. Petitcolas, E., Meklati, B.Y., Chemat, F. 2009. Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. Food Chemistry, 114, 355-362.

Çalıkoğlu, E., Kıralan, M., Bayrak, A. 2006. Uçucu yağ nedir, nasıl üretilir ve Türkiye'deki durumuna genel bakış. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:33, s: 569.

Çalıkoğlu, E., Kıralan, M., Bayrak, A. 2009. Effect of direct applications of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves on oxidative stability of sunflower oil during accelerated storage. Journal of Food Quality, 32,566-576.

Casal, S., Malheiro, R., Sendas, A., Oliveira, B.P.P., Pereira, J.A. 2010. Olive oil stability under deep-frying conditions. Food and Chemical Toxicology, 48, 2972-2979.

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.

Che Man, Y.B., Wan Hussin, W.R. 1998. Comparison of the frying performance of refined, bleached and deodorized palm olein and coconut oil. Journal of Food Lipids, 5, 197-210.

Cheung, L.M., Cheung, P.C.K., Ooi, V.E.C. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry*, 81, 249-255.

Danowska-Oziewicz, M., Karpinska-Tymoszczyk, M. 2005. Quality changes selected frying fats during heating in a model system. *Journal of Food Lipids*, 12, 159-168.

Du, H., Li, H. 2008. Antioxidant effect of *Cassia* essential oil on deep-fried beef during the frying process. *Meat Science*, 78, 461-468.

Erkan, N., Ayranci, G., Ayranci, E. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry*, 110, 76-82.

Erkan, N., Ayranci, G., Ayranci, E. 2012. Lipid oxidation inhibiting capacities of blackseed essential oil and rosemary extract. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114, 175-184.

Hamilton, R.J., Kalu, C., McNeill, G.P., Padley, F.B., Pierce, J.H. 1998. Effects of tocopherols, ascorbyl palmitate, and lecithin on autoxidation of fish oil. *Journal of the American Oil Chemist' Society*, 75, 813-822.

Iqbal, S., Bhanger, M.I. 2007. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry*, 100, 246-254.

Iqbal, S., Halem, S., Akhtar, M., Zia-ul-Haq, M. 2008. Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of sunflower oil under accelerated conditions. *Food Research International*, 41, 194-200.

Jaswir, I., Che Man, Y.B., Kitts, D.D. 2000. Use of natural antioxidants in refined palm olein during repeated deep-fat frying. *Food Research International*, 33, 501-508.

Karabulut I., Topcu, A., Akmil-Basar, C., Onal, Y., Lampi, A.-M. 2008. Obtaining butter oil triacylglycerols free from β -carotene and α -tocopherol via activated carbon adsorption and alumina-column chromatography treatments. Journal of the American Oil Chemist's Society, 85, 213-219.

Karabulut, I., Topcu, A., Yorulmaz, A., Tekin, A., Ozay, D. S. 2005. Effects of industrial refining process on some properties of hazelnut oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 107, 476-480.

Kayahan, M. 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri. Metu Pres, Ankara, 227-248.

Kayahan, M. 2003. Yağ Kimyası. ODTÜ Yayıncılık, Ankara, sy:105-119.

Khan M., Shahidi, F. 2001. Effects of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of borage and evening primrose triacylglycerols. Food Chemistry, 75, 431-437.

Kılıç, A. 2008. Uçucu yağ elde etme yöntemleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10, 37-45.

Kulisic, T., Radonic, A., Katalinic, V., Milos, M. 2004. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. Food Chemistry, 85, 633-640.

Lagouri, V., Bantouna, A., Stathopoulos, P. 2009. A comparison of the antioxidant activity and phenolic content of nonpolar and polar extracts obtained from four endemic *Lamiaceae* species grown in Greece. Journal Food Processing and Preservation, 34, 872-886.

Lee, J.H., Shin, J.A., Lee, J.H., Lee, K.T. 2004. Production of lipase-catalyzed structure lipids from safflower oil with conjugated linoleic acid and oxidation studies with rosemary extracts. Food Research International, 37, 967-974.

Lisińska G., Tajner-Czopek, A., Kalum, L. 2007. The effects of enzymes on fat content and texture of French fries, *Food Chemistry*, 102, 1055-1060.

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 Chemistry*, 106, 634-639.

Mariod A., Matthäus, B., Eichner, K., Hussein, I.H. 2006. Frying quality and oxidative stability of two unconventional oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83, 529-537.

Maskan, M. 2003. Change in colour and rheological behavior of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment. *European Food Research Technology*, 218, 20-25.

Maskan, M., Bağcı, H. 2003. The recovery of used sunflower seed oil utilized in repeated deep-fat frying process. *European Food Research Technology*, 218, 26-31.

Mau, J.L., Chang, C.N., Huang, S.J., Chen, C.C. 2004. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces aluminosus mycelia*. *Food Chemistry*, 87, 111-118.

Muchuweti M., Kativu, E., Mupure, C.H., Chidewe, C., Ndhlala, A.R., Benhura, M.A.N. 2007. Phenolic composition and antioxidant properties of some spices. *American Journal of Food Technology*, 2, 414-420.

Murcovic, M., Lechner, S., Pietzka, A., Bratacos, M., Katzogiannos, E. 2004. Analysis of minor components in olive oil. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 61, 155-160.

Nogala-Kalucka, M., Korczak, J., Dratwia, M., Lampart-Szczapa, E., Siger, A., Buchowski, M. 2005. Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests. Food Chemistry, 93, 227-235.

Nor, F.M., Suhaila, M., Nor Aini, I., Razali, I. 2008. Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies. Food Chemistry, 110, 319-327.

Okur, A. 2008. Derin yağda kızartma işleminin bazı bitkisel yağların yağ asiti bileşimleri ile oksidatif stabiliteleri üzerine etkileri. Trakya Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, sy:104.

Onal-Ulusoy, B., White, P., Hammond, E. 2007. Effects of linalyl oleate on soybean oil flavor and quality in a frying application. 2007, Journal of American Oil Chemists' Society, 84, 157-163.

Önenç, S.S., Açıkgöz, Z. 2005. Aromatik bitkilerin hayvansal ürünlerde antioksidan etkileri. Hayvansal Üretim, 46, 50-55.

Réblova, Z., Kudrnová, J., Trojáková, L., Pokorný, J. 1999. Effect of rosemary extracts on the stabilization of frying oil during deep fat frying. Journal of Food Lipids, 6, 13-23.

Saguy, I.S., Dana, D. 2003 Integrated approach to deep fat frying: Engineering, nutrition, health and consumer aspects. Journal of Food Engineering, 56, 143-152.

Saldamlı İ., Saldamlı, E. 2004. Gıda Endüstrisi Makineleri. Savaş Kitapevi, Ankara, 302-304.

Suhaj, M. 2006. Spice antioxidant isolation and their antiradical activity: a review. Journal of Food Composition and Analysis, 19, 531-537.

Suja, K.P., Abraham, J.T., Thamizh, S. N., Jayalekshmy, T. A., Arumughan, C. 2004. Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. *Food Chemistry*, 84, 393-400.

Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A., Saija, A. 2005. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*, 89, 549-554.

Troncoso, E., Pedreschi, F., Zúñiga, R.N. 2009. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying, *LWT- Food Science and Technology*. 42, 187-195.

Tsuzuki, W., Matsuoka A., Ushida K. 2010. Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process. *Food Chemistry*, 123, 976–982.

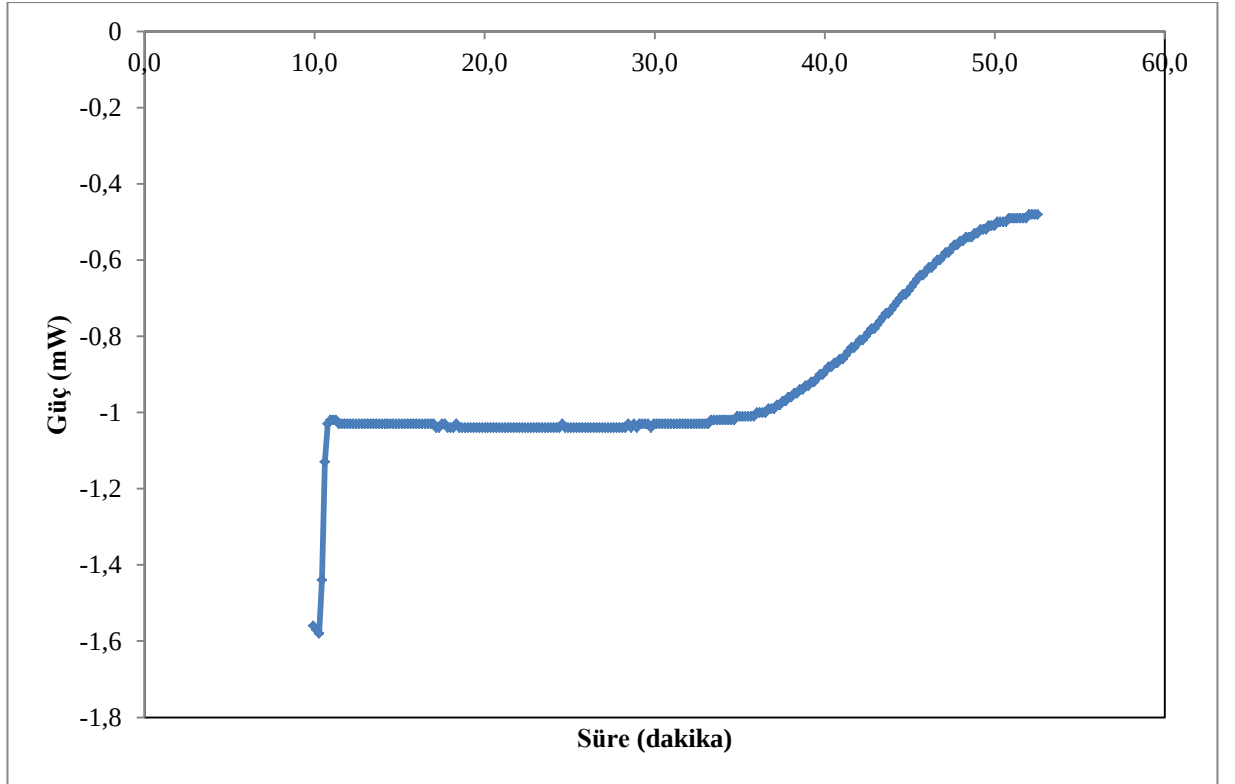
Wang, W., Wu, N., Zu, Y.G., Fu, Y.J. 2008. Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components. *Food Chemistry*, 108, 1019-1022.

Wong M.L., Timms, R.E., Goh, E.M. 1988. Colorimetric determination of total tocopherols in palm olein and stearin. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 258-261.

Zhang, C.X., Wu, H., Weng, X.C. 2004. Two novel synthetic antioxidants for deep frying oils. *Food Chemistry*, 84, 219-222.

EKLER

EK A. Fındık yağının 150 °C’deki DSC eğrisi



Ek B. Duyusal analiz formu

Panalisit adı soyadı:

Tarih:

Size sunulan patatesler bitkisel bir yağda kızartılmıştır. Bu yağın kızartma stabilitesini artırmak için biberiye bitkisi ve bu bitkiden elde edilen çeşitli katkıları ilave edilmiştir. Hem kullanılan yağ hem de kullanılan baharat katkıları insan kullanımına uygundur.

Lütfen örnekleri aşağıda belirtilen değerlendirme kriterlerini dikkate alarak puanlayınız.

(1) Çok kötü (7) çok iyi

Teşekkürler.

Görünüş

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

Gevreklik

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

Tat

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

Koku

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

Genel kabul edilebilirlik

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

Beğenmedim

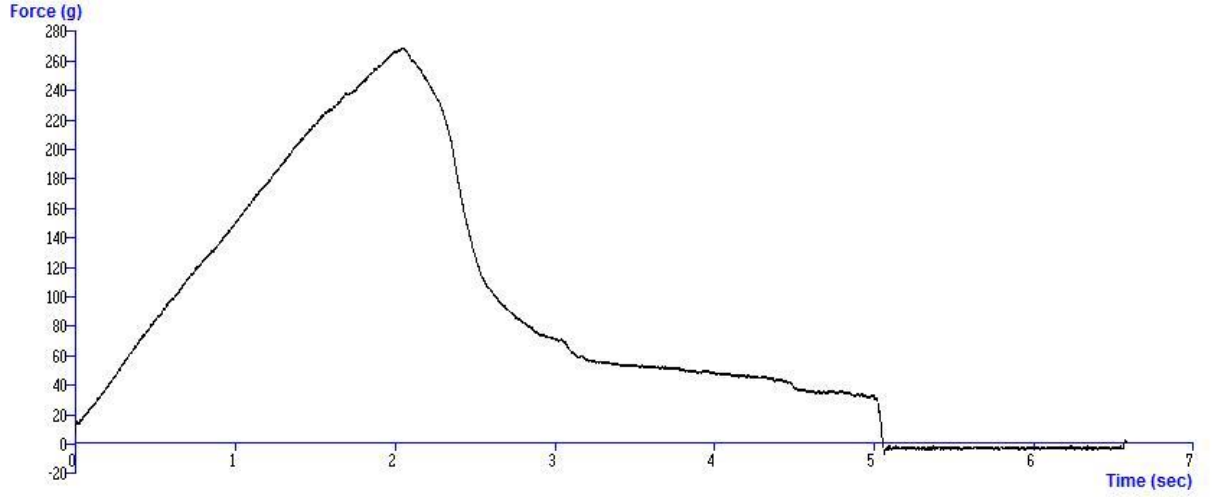
Beğendim

Yorumlarınız:

.....
.....
.....
.....

Ek C. Tekstür analizinde uygulanan delme ve kesme testlerine ilişkin eğriler

Delme Testi



Kesme testi

