

**ÖN KIZARTMA İŞLEMİNDE KULLANILAN PALM YAĞLARINA BAZI
(NANE, KEKİK VE BİBERİYE) UÇUCU YAĞLARIN İLAVE EDİLMESİNİN
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Asiye Şahin ŞAHAN

Danışman

Prof. Dr. Harun DIRAMAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ekim 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÖN KIZARTMA İŞLEMİNDE KULLANILAN PALM YAĞLARINA BAZI
(NANE, KEKİK VE BİBERİYE) UÇUCU YAĞLARIN İLAVE EDİLMESİNİN
ETKİLERİ**

Asiye Şahin ŞAHAN

Danışman

Prof. Dr. Harun DIRAMAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Ekim 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Asiye Şahin ŞAHAN tarafından hazırlanan “Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağlarına Bazı (Biberiye, Nane, Kekik) Uçucu Yağların İlave Edilmesinin Etkileri” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 25 / 10 / 2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Harun DIRAMAN

Başkan : Prof. Dr. Harun DIRAMAN
Afyon Kocatepe Üni. Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Ümit GEÇGEL
Tekirdağ Namık Kemal Üni. Ziraat Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Gökhan AKARCA
Afyon Kocatepe Üni. Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Bekir YALÇIN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

25 / 10/ 2024

Asiye Şahin ŞAHAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÖN KIZARTMA İŞLEMİNDE KULLANILAN PALM YAĞLARINA BAZI (NANE, KEKİK VE BİBERİYE) UÇUCU YAĞLARIN İLAVE EDİLMESİNİN ETKİLERİ

Asiye Şahin ŞAHAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Harun DIRAMAN

Bu çalışmada, Afyon yöresinde yetiştirilmiş Agria cinsi parmak patates örnekleri (n=27) (olein ve stearin fraksiyonlarını içeren ve Malezya'dan ithal edilmiş) palm yağında ön kızartma (180 °C ve 40 - 50 sn) işlemine maruz bırakılmıştır. Ön kızartma işleminde kullanılan palm yağı örnekleri dört gruba ayrılmıştır kontrol (uçucu yağlar içermeyen), belirli oranlarda (% 0,25, 0,50 ve 1,00) - biberiye, kekik ve nane uçucu yağları (hidrodistilasyon yöntemi ile üretilmiş) içerenler. Seçilen uçucu yağlar bir doğal antioksidan kaynaklarıdır ve Türkiye florasında yüksek miktarda bulunmaktadır. Bu yağların yerli ve ucuz ekonomik bir kaynak olarak kolaylıkla sağlanması mümkündür. Uçucu yağ ilavesi ile palm yağının ön kızartma işlemlerindeki kullanımının sayısının artırılması amaçlanmıştır. Ön kızartmada kullanılan tüm palm yağ örnekleri (kontrol ve uçucu yağ ilave edilmiş diğer yağları) ön kızartma süresince toplam polar madde miktarı (TPM) değerleri resmi limit maksimum % 25 ulaşınca kadar kullanılmıştır. Tüm yağ örneklerinde belli (3., 8. ve son) aşamalarda bazı fiziko-kimyasal analizler (lovibond renk skalası [LRS], refraktif indeks, % TPM, serbest yağ asidi miktarı [SYA], asit sayısı [AS], peroksit sayısı [PS] ve UV'de [232 ve 270 nm] soğurulan özgül absorbans değerleri ve GC kapiler kolon yöntemi ile yağ asitleri profili) gerçekleştirilmiştir.

TPM değerlerine göre, ön kızartma son aşaması (maksimum % 25) kontrol örneği için 13. iken, uçucu yağ ilave edilmiş örnekler için bu değer artmıştır (14. – 19.). Isıl işlem süresi/sayısı ve esansiyel yağ ilavesiyle palm yağı örneklerinde LRS (K:0,9 –K3,6; S:7,6-20), refraktif indisi [RI](1,46721 – 1,47473), SYA (% 0,13 – 0,88), AS (1,3 – 8,8 mg KOH/ g yağ), PS (3,18 – 54,23 meqO₂/kg.yağ) ve UV'de soğurulan özgül absorbans

(K232: 3,427 – 4,420; K270: 0,494 – 2,591) değerlerinde dikkate değer bir düzeyde bir değişim belirlenmiştir. Kızartma süresi ve adedinin artması ile tüm (kontrol ve belli oranlarda uçucu yağ içeren) palm yağı örneklerinde LRS renk skalası, RI, SYA ve AS ile UV’de soğurulan özgül absorbans (K232 ve K270) değerlerinin genelde dikkate değer düzeyde doğrusal olarak artmıştır. Yağ örneklerinin PS değerleri, % 0,50 ve % 1,00 nane uçucu yağı içeren 16. ve 17.örneğindeki düşüşler hariç, kızartma süresi ve sayısı ile birlikte sürekli artış göstermiştir.

Tüm palm yağı örneklerinde majör yağ asidi palmitik asit [C16:0] (% 46,55 – 53,56) , stearik asit [C18:0] (% 3,64 – 8,20) ve SFA (% 52,40 – 60,41) değeri ile birlikte kaprilik (C8:0) ve kaprik (C10:0) [Kısa zincirli doymuş yağ asitleri], laurik (C12:0), miristik (C14:0), palmitoleik asit (C16:1), behenik (C22:0) ve lignoserik (C24:0) gibi bazı minör yağ asidi izomerlerinin ön kızartma ile göreceli olarak artmış olduğu, oleik [C18:1 omega 9, MUFA] (% 36,55 – 33,63), linoleik [C18:2, omega 9 ve esansiyel yağ asidi, PUFA] (% 10,54 – 5,07) ve linolenik [C18:3, omega 3 ve esansiyel yağ asidi, PUFA] (% 0,20 – 0,05) asitlerinin MUFA (% 36,81 – 35,85), PUFA (% 10,74 – 5,12) değerleri ise ısıl işlem ile azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum omega (3,6 ve 9) yağ asitlerinin miktar analizleri ile de doğrulanmıştır. Palm yağı örneklerinde trans yağ asitleri belirlenmemiştir. Ayrıca, yağ asitleri esas alınarak hesaplanan parametrelerden MUFA/PUFA, linoleik/linolenik (52,19 – 103,39), oleik/linoleik, palmitik/linoleik (4,42 – 10,53), linoleik/linolenik ve TOSİ değerleri palm yağı örneklerine esansiyel yağ ilavesi arttıkça artış gösterirken, iyot sayısı (52,65 – 39,89), Ox Succ ve Cox parametreleri azalma eğilimindedir Yapılan çoklu veri (kemometrik) analizi (PCA) ile palm yağı örneklerinin ısıl işlem süresince yağ asidi profiline göre karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Araştırma bulguları ışığında, ön kızartma sırasında palm yağlarında oksidatif stabiliteyi koruma açısından biberiye esansiyel yağının kekikten, kekik esansiyel yağının ise nane esansiyel yağından daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

2024, vii + 84 sayfa

Anahtar Kelimeler: uçucu yağ, biberiye, nane, kekik, palm yağı, ön kızartma, kalite analizleri, yağ asitleri, kemometri

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECTS OF ADDING SOME ESSENTIAL OILS (MINT, THYME AND ROSEMARY) TO PALM OILS USED IN PRE-FRYING PROCESS

Asiye Şahin ŞAHAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Harun DIRAMAN

In this study, Agria type finger potato samples (n=27) grown in Afyon region were subjected to pre-frying (180° C and 40 - 50 sec) in palm oil (containing olein and stearin fractions and imported from Malaysia). Palm samples oil used per-frying process were divided into four groups: control (without volatile oils), those containing rosemary, thyme and mint essential oils (produced by hydrodistillation method) in certain proportions (% 0,25, % 0,50 and % 1,00) The selected essential oils are a natural antioxidant source and are found in high amounts in the flora of Turkey. It is possible to easily provide these oils as a domestic and cheap economic source. It is aimed to increase the number of uses of palm oil in pre-frying processes with the addition of essential oil. All palm oil samples used in pre-frying (control and other oils with added volatile oil) were used until the total polar substance amount (TPM) values reached the official maximum limit of % 25 during pre-frying. Some physico-chemical analyses (% TPM, Lovibond color values, refractive index, free fatty acid amount [FFA], acid number, peroxide number [PS] and specific absorbance values absorbed at UV [232 and 270 nm] and fatty acid profile with GC capillary column method) were performed at certain stages (3rd, 8th and last) in all oil samples. According to TPM values, while the final pre-frying stage was the 13th for the control, this value increased for samples with added essential oil (14th - 19th). A remarkable changes was determined in the values of LRS (R: 0,9 –3,6; Y:7,6 – 20), refractive index [RI] (1,46721 – 1,47473), FFA (0,13 – 0,88%), AS (1,3 – 8,8 mg KOH/ g oil), PS (3,18 – 54,23 meqO₂/kg.oil) – 2,591) in the palm oil samples with the thermal treatment time/number and essential oil

addition. PS values of palm oil samples increased continuously with frying time and number except for decreases in 16th and 17th samples containing %0,50 and % 1,00 peppermint essential oil. In all palm oil samples, the values of major fatty acids palmitic acid [C16:0] (% 46,55–53,56), stearic acid [C18:0] (% 3,64–8,20) and SFA (% 52,40–60,41) together with some minor fatty acid isomers such as caprylic (C8:0) and capric (C10:0) [Short-chain saturated fatty acids], lauric (C12:0), myristic (C14:0), palmitoleic acid (C16:1), behenic (C22:0) and lignoceric (C24:0) increased relatively with pre-frying, while oleic [C18:1 omega 9, MUFA] (% 36,55–33,63), linoleic [C18:2, omega 9 and essential fatty acid, PUFA] (% 36,55–33,63) increased. MUFA (% 36,81 – 35,85), PUFA (% 10,74 – 5,12) values of (10,54 – 5,07) and linolenic [C18:3, omega 3 and essential fatty acid, PUFA] (% 0,20 – 0,05) acids were found to decrease with heat treatment. This situation was also confirmed by the quantitative analysis of omega (3,6 and 9) fatty acids. *Trans* fatty acids were not determined in palm oil samples. In addition, MUFA/PUFA, linoleic/linolenic (52,19 – 103,39), oleic/linoleic, palmitic/linoleic (4,42 – 10,53), linoleic/linolenic and TOSI values calculated based on fatty acids increased as essential oil addition to palm oil samples, while iodine number (52,65 – 39,89), Ox Succ and Cox parameters tended to decrease. Characterization of palm oil samples according to fatty acid profile during heat treatment was carried out by multiple data (chemometric) analysis (PCA). In the light of the research findings, it was concluded that rosemary EO (essential oil) was more effective than thyme EO, and the thyme EO was more effective than the mint EO in terms of preserving oxidative stability in palm oils during pre-frying.

2024, vii + 84 pages

Keywords: essential oil, rosemary mint, thyme, palm oil, pre-frying, quality analysis, fatty acids, chemometry

TEŞEKKÜR

Bu tezin tüm aşamalarında emeği geçen, bana her konuda yardımcı olan ve destek olan değerli danışman hocam Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü bölüm başkanı Prof. Dr. Harun DIRAMAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, tezimin deneylerinde bana yardımcı olan Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Dr.Çiğdem AŞÇIOĞLU ve öğretim görevlisi Dr. Samiye ADAL'a, Ziraat Yüksek Mühendisi Şenay YAMAN' a (TAGEM Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü – İzmir) ve analiz bulgularının kemometrik değerlendirilmesine yapmış olduğu destek için de Mehmet ŞAHİN'e (Ziraat Yük. Müh. TAGEM Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü- Konya) teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım materyal ve cihazların teminindeki katkılarından dolayı SANPA Gıda Sanayi ve Tic A.Ş. (Sandıklı – Afyonkarahisar) ve analiz desteklerinden dolayı Çiftçiler Yağ Sanayi (Afyonkarahisar) firmalarına da en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bana duydukları güven, esirgemedikleri sabırları ve sevgileri için canım annem, babam, eşim ve çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

Asiye Şahin ŞAHAN

Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1. Patatesin Önemi.....	4
2.2. Kızartma İşlemi	4
2.3. Ön Kızartmada Neden Palm Yağı Kullanılmaktadır ?	8
2.3.1. Palm Yağı Hakkında Genel Bilgiler.....	8
2.3.2. Ön Kızartmada Palm Yağının Önemi	10
2.4. Palm Yağının Kızartma İşlemlerinde Kullanımına İlişkin Yapılan Bilimsel Çalışmalar	12
2.5. Uçucu Yağlar ve Antioksidan Özellikleri	16
2.6. Uçucu Yağları ve Doğal Antioksidanları İçeren Ekstraktların Kızartma Süresince Bitkisel Yağlar Üzerine Etkileri Hakkında Yapılan Çalışmalar.....	20
3. MATERYAL ve METOT	22
3.1. Materyal	22
3.2. Metot	23
3.3. Analiz Yöntemleri	23
3.3.1. Toplam Polar Madde Tayini.....	23
3.3.2. Refraktif İndeks (Rİ) Tayini.....	24
3.3.3. Serbest Yağ Asitliği Miktarı Tayini (SYA)	25
3.3.4. Asit Sayısı Tayini (AS)	25
3.3.5. Peroksit Sayısı Tayini (PS).....	26
3.3.6 Renk Analizi.....	26
3.3.7. UV de Özgül Absorbans Ölçümü.....	26
3.3.8. Yağ Asitleri Metil Esterlerinin Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi Yöntemi ile Belirlenmesi	27

3.3.9.Farklı Oranlarda Uçucu Yağ İlave Edilmiş ve Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış Palm Yağı Örnekleri İçin Yağ Asidi Profiline Göre Kemometrik Değerlendirme	29
4. BULGULAR	30
4.1. Ön kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Toplam Polar Madde Sonuçları	30
4.2. Ön kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Miktarı (SYA), Peroksit Sayısı (PS) ve Renk Analizi Değerleri Değişimi Sonuçları	33
4.3. Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Refraktif İndeks Sonuçları	38
4.4. Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin UV'de Özgül Absorbans Ölçümü	39
4.5. Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi ile Yağ Asitleri Profili Analizi	41
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	50
5.1. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerine Ait Toplam Polar Madde, Serbest Yağ Asitliği Miktarı, Asitlik Sayısı, Peroksit Sayısı ve Lovibond Renk Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	50
5.2. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerine Ait Refraktif İndeksi ve UV'de Özgül Absorbans Değerleri	56
5.3. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerinde Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi ile Belirlenen Major ve Minor Yağ Asitleri Değerleri	58
5.4. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerinde Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi ile Belirlenen Yağ Asidi Profiline Göre Hesaplanan Parametreler	61
5.5. Farklı Oranlarda Uçucu Yağ İlave Edilmiş ve Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış Palm Yağı Örnekleri İçin Yağ Asidi Profiline Göre Kemometrik Değerlendirme	62
5.6. Sonuç	67
6.KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	79
EKLER	80

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	
cm	Santimetre
mm	Milimetre
g	Gram
kg	Kilogram
UV	Ultraviyole
mg	Miligram
mL	Mililitre
O ₂	Oksijen
N	Normalite
dk	Dakika
sn	Saniye
°C	Derece santigrat
%	Yüzde
nD	Numara Denye (Nd Ağırlık Sistemi)
kcal	Kilokalori
Meq	Miliekivalan
Ppm	Milyonda bir birim
Nm	Nanometre
kPa	Kilopaskal
mPA.s	Milipaskal saniye
µg	Mikrogram
µmol	Mikromol
Kısaltmalar	
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	ABD Gıda ve İlaç İdaresi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
SYA	Serbest Yağ Asitliği
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
BHT	Bütilhidroksitoluen
BHA	Beta Hidroksi Asit
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
GRAS	Genellikle Güvenli Kabul Edilir
R _i	Refraktif İndeks
TOTOX	Toplam Oksidasyon Değeri
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
MCPD	Monokloropropandiol
GE	Glisidil ester
PS	Peroksit Sayısı
KOH	Potasyum Hidroksit
PCB	Poliklorlubifeniller

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. İşlenmiş patates ürünleri	4
Şekil 2.2. Palm Ağacı.....	8
Şekil 2.3. Palm Meyvesi.....	9
Şekil 3.1. Testo 270 toplam polar madde ölçüm cihazı.	24
Şekil 3.2. Atago RX-5000α cihazı	24
Şekil 3.3. Shimadzu UV-1800 spektrofotometresi.....	27
Şekil 5.1. Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarının majör ve minör yağ asidi değişimleri ve palm örneklerinin temel bileşenlerine göre birlikte biplot dağılımı	63
Şekil 5.2. Ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağı örneklerinin farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) temel bileşenlerine göre dağılımı.....	64

ŞEMA DİZİNİ

Şema 2.1. Patates Akış Şeması	5
-------------------------------------	---

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Kızartma yağlarında bulunması gereken nitelikler	8
Çizelge 2.2. Palm Yağının Bazı Karakteristik Özellikleri	9
Çizelge 2.3. Palm çekirdeği yağı ve palm yağının yağ içeriği	9
Çizelge 2.4. Palm Yağının Yağ Asitleri Kompozisyonu	10
Çizelge 4.1. Kontrol numunesi ile yapılan kızartma sonrası polar madde ölçüm sonuçları (%).....	30
Çizelge 4.2. Biberiye Uçucu yağı ilavesi İle Palm yağında Toplam Polar Madde Değişimi Ölçüm Sonuçları %	31
Çizelge 4.3. Kekik Uçucu yağı ilavesi İle Palm yağında Toplam Polar Madde Değişimi Ölçüm Sonuçları %	31
Çizelge 4.4. Nane Uçucu yağı ilavesi İle Palm yağında Toplam Polar Madde Değişimi Ölçüm Sonuçları %	33
Çizelge 4.5.Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait SYA, Asit Sayısı, PS ve Lovibond Renk Analiz Sonuçları.....	34
Çizelge 4.6. Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait analiz refraktif indisi değerleri sonuçları	38
Çizelge 4.7. Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda biberiye-kekik-nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait UV'de (K232 ve K 270 nm) Soğurulan Özgül Absorbans Ölçümü değerleri.....	40
Çizelge 4.8. Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarının majör ve minör yağ asidi değişimleri	46
Çizelge 4.9. Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarında majör ve minör yağ bileşenlerine göre hesaplanmış bazı parametrelerin değişimleri	47
Çizelge 4.10. Kontrol numunesi ve değişik oranlarda uçucu yağ ilave edilen palm yağların kapiler kolon gaz kromatografisi ile belirlenen omega 9 (OLA), omega 6 (LO) ve omega 3 (LN) yağ asidi miktarı (mg/100g yağ) sonuçları	48
Çizelge 5.1. Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarının majör ve minör yağ bileşenleri ve ilgili bazı parametre değişimlerine göre belirlenen Pearson Korelasyon Kat Sayıları	66

1. GİRİŞ

Ön kızartma işlemi ile patates (özellikle parmak patates ve cips gibi) ürünlerinin endüstriyel olarak hazırlanmasında ekonomik olarak en yaygın ve ekonomik olan bitkisel yağ çeşidi olarak palm yağı kullanılmaktadır. Bu yağ ülkemize dışarıdan (genellikle Malezya ve Endonezya'dan) ithal edilmektedir. Endüstriyel kızartma işleminde palm yağlarında hava ve sıcaklık etkisi ile oluşan oksidasyonu minimize etmek için ardışık olarak taze yağ ilave etmek suretiyle daha çok palm yağı kullanılmaktadır. Yağlardaki otooksidasyonu ve açığa çıkan oksijen serbest radikalleri önlemek için genellikle yapay (BHA [Bütillendirilmiş Hidroksi Toluen], BHT [Bütillendirilmiş Hidroksi Anisol] , TBHQ [Bütillendirilmiş Hidroksi Anisol] gibi) antioksidanların ilavesi yaygın olarak kullanılan en etkili yöntemlerdendir. Yapay antioksidanlar ucuz olmakla birlikte, taşıdıkları toksik ve kanserojenik özellikleri nedeniyle bu maddelerin yerine baharatlardan sağlanacak doğal antioksidanların yağlara ilavesi gündeme gelmiştir. Ekonomik anlamda kekik, biberiye ve nane gibi yağlarda kullanılabilecek baharatlar ve bunların uçucu yağları aynı zamanda önemli ve etkili doğal antioksidan kaynaklarıdır. Bu bitkiler ülkemizin endemik florasında zengin bir doğal kaynak olarak bulunmaktadır (Dıraman ve Hışıl, 2004; Maskan ve Horuz, 2017).

Günümüz hayat temposunda yemek hazırlama ve tüketimi için ayrılan zaman oldukça kısalmıştır. Buna paralel olarak tüketiciye zaman kazandıran ve kolaylık sağlayan hızlı yemek sektörü de gelişmeye başlamıştır. Fast food restoranlarının sayısındaki artışa paralel olarak parmak patates tüketimi de giderek artış göstermektedir. Kızarmış patates ürünlerinin üretiminde uygulanan ön kızartma işlemi, patates dilimlerinin 150-200 °C sıcaklıktaki yenilebilir yağ içerisine daldırılmak sureti ile pişirilmesi işlemidir. Kızarmış patates ürünlerinin karakteristik özellikleri olan renk ve tekstür oluşumu bu sırada gerçekleşir. Çok hızlı bir ısı transfer prosesi olan kızartma işlemi sırasında ürünün yağ içerisine daldırılması ile beraber sıcak yağdan gıdaya ısı transferi gerçekleşmekte ve üründe sıcaklığın artması ile birçok fiziksel ve kimyasal değişim meydana gelmektedir. Kızartma işlemi ısı ve kütle transferinin eş-zamanlı olarak gerçekleştiği bir ısıl işlemdir (Yıldız, 2005). Parmak patatesin kalite özellikleri tekstür, renk ve yağ içeriğidir (Tauber vd. 2004; -Tajner vd.,2008). Gıda yağ içerisine daldırıldıktan sonra yüzey sıcaklığı kaynama sıcaklığına yükselir. Yüzeydeki serbest nem uzaklaşır ve su buharlaşmasına bağlı olarak, yüzey kurur ve kabuk tabakası oluşur

(Yıldız, 2005). Arzu edilen tekstür dış kısmın 1-2 mm çıtır tabaka, iç kısmın nemli ve yumuşak olmasıdır. Renk, kızartma yağının sıcaklığı, kızartma süresi ve yüzeydeki indirgen şeker miktarına bağlı olarak Maillard tepkimesi sonucunda oluşmaktadır. Yağ içeriği; sağlık açısından, ekonomik açıdan ve ürünün kabul edilebilirliği açısından önemlidir (Tauber vd., 2004).

Ülkemizde cips üretimi ve tüketimi yeni yeni gelişmekle beraber, üretilen patatesin kızartma şeklinde tüketimi oldukça fazladır. Kızartma veya cips olarak kullanılacak patatesin, parmak patates (kızarmış patates) ve cips veriminin yüksek olması istenir. Ayrıca kızarma esnasında az yağ absorbsiyon etmeleri, hem sağlık yönünden, hemde maliyetin düşük olması bakımından istenen bir özelliktir. Bu iki özelliklerin daha önemlisi cips ve parmak patatesin rengidir. Cips ve kızarmış patatesin altın sarısı ve üniform bir renk göstermesi arzu edilir. Çabucak kahverengiye dönüşen, üzerinde lekeli yanıklar bulunan kızarmış patatesi halk tercih etmemektedir.(Karadoğan, 1994). Parmak patateslerin ön kızartma işleminde son ürün özelliklerinin ve kalitesinin korunması için, ekonomik olması bakımından ithal palm yağları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Afyon yöresine ait yüksek verim kabiliyetine sahip Agria cinsi patatesten palm yağında parmak patates kızartmaları yapılmış ve kızartmada kullanılan palm yağlarında oluşan (pratikte yağların muhtemel oksidatif stabilitesi üzerine etkili olabilecek) bazı fizikokimyasal değişimler takip edilmiştir.

Parmak patateslerin ön kızartma işleminde kullanılan palm yağına – ülkemiz şartlarında da zengin bir doğal kaynak olarak mevcut olan – kekik, biberiye ve nanelerden elde edilmiş uçucu yağların belirli düzeylerde ilavesi ile palm yağındaki ön kızarma süresince (Toplam Polar Madde miktarı [TPM] en çok % 25 oluncaya kadar (Anonim, 2007 ve 2012) meydana gelecek) bazı fiziksel ve kimyasal değişimlerin incelenmesi bu çalışmanın ana hedefidir. Kızartma işlemi sırasında yağ asitleri, farklı reaksiyonlarla gliserolden ayrılır. Oksidatif bozunma ürünleri olan serbest yağ asitlerine ek olarak; monogliseritler, digliseritler, polimerik trigliseritler, aromatik bileşikler, aldehitler ve ketonlar oluşmaya başlar. Ortaya çıkan ve insan sağlığı için tehlike arzedeabilen bu ürünler toplam polar maddeyi oluşturur ve kısaca TPM olarak adlandırılır. Bu bilgilerin ışığında, bitkisel kökenli palm yağların endüstriyel kızartma işleminde kullanılması ile atık yağların son kullanım durumu (dolaylı olarak raf ömrü) ve özellikle kızartma süresince oluşabilecek değişimler konusunda pratikte kullanılabilecek bazı

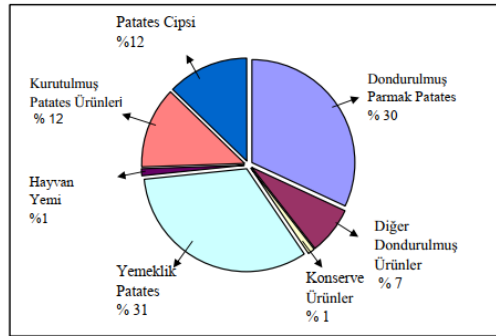
ön bilgilerin sağlanması amaçlanmıştır. Çünkü kızartma sırasında oluşan ürünlerin çoğu toksik etkilidir ve kızartma yağının kullanım niteliği ve süresi arttıkça sağlık açısından çok önemli problemlere neden olduğu saptanmıştır. Bunun en büyük sebeplerinden birisi de atık olması gereken yağın tekrar yemeklik olarak kullanılmasıdır. Ayrıca ön kızartma işlemine maruz kalan tüm palm yağ örneklerinde cis -*trans* yağ asidi izomerleri değişimi (Dıraman ve Hışıl,2004) de başlangıç kontrol ve farklı oranlarda uçucu yağ içerenlerin en son (% 25 toplam polar madde düzeyindeki) örneklerinde GC- kapilar kolon yöntemi ile analiz edilerek ısıl işlemin yağ asidi izomerleri üzerindeki etkisi de ortaya konulmuştur.



2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1. Patatesin Önemi

Yaygın olarak tüketilen patates, günümüzün önemli karbonhidrat kaynaklarından. Patates, besin öğeleri açısından zengin olduğu kadar glikoalkaloid ve solanin gibi toksik maddeleri de içermektedir (Burlingame, 2009). Patates yumrusu temel gıda bileşeni olarak % 75 su, % 20 karbonhidrat, % 2 proteinden oluşmaktadır. İşlenmiş patates ürünleri arasında en önemli yeri parmak patates ve patates cipsi gibi kızarmış patates ürünleri tutar. Günümüz hayat temposunda yemek hazırlama ve tüketimi için ayrılan zaman kısaldığı için tüketiciye zaman kazandıran ve kolaylık sağlayan hızlı yemek sektörü gelişmiştir. Fast food restoranlarının artmasıyla parmak patates tüketimi de artmıştır (Tuta, 2009). Patates yumrusu sindirilebilir karbonhidrat içermekte olup, hiç yağ içermediği de bilinmektedir (Monro vd. 2009).

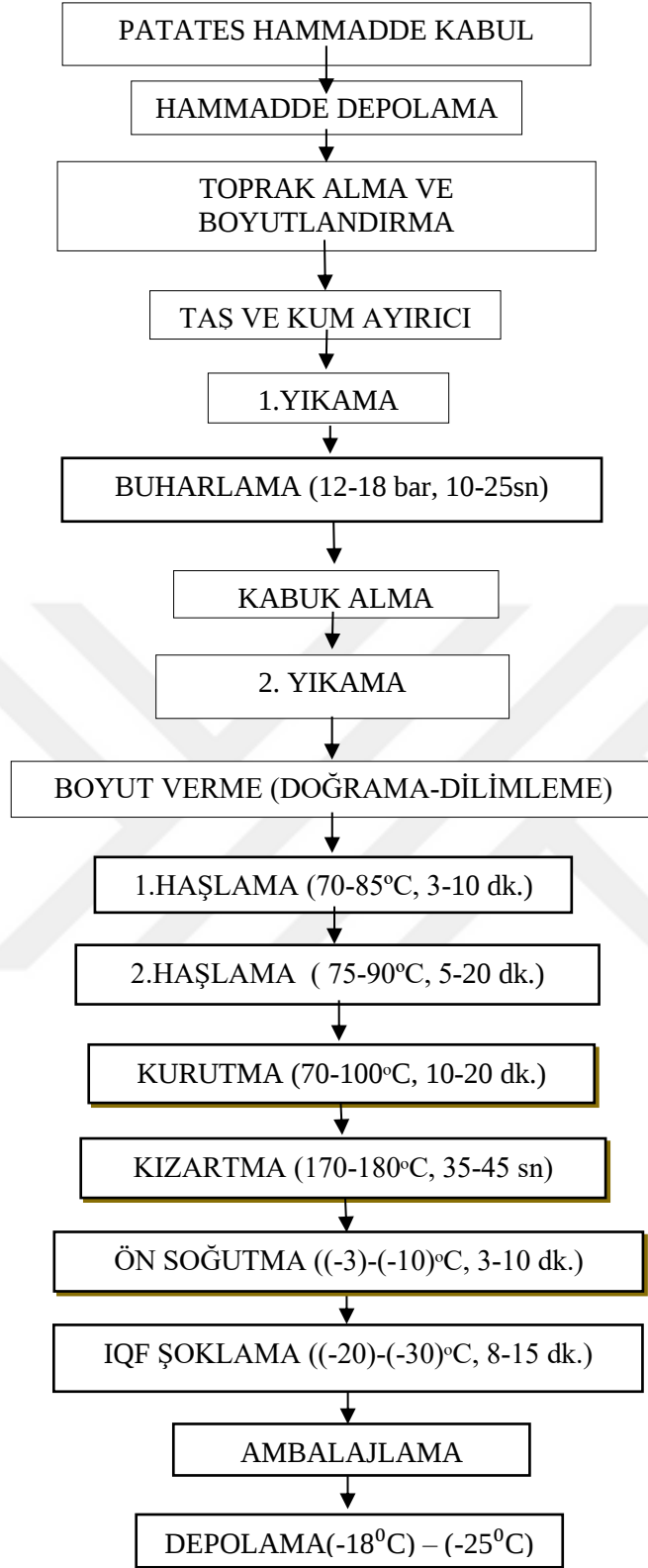


Şekil 2.1. İşlenmiş patates ürünleri

Patates dünya genelinde fazlaca ekilmekte olup pirinç, buğday ve mısırdan sonra en önemli besin kaynağıdır. Gelişmiş ülkelerde patates 130 kcal'lık kalori sağlarken gelişmekte olan ülkelerde kişi başı alınan günlük kaloringin 41 kcal'lık kısmını oluşturmaktadır.(Ezekiel vd. 2013) .

2.2. Kızartma İşlemi

Sağlığı olumsuz etkilemesine rağmen, bol yağda kızartılmış gıdalar günlük diyetlerde fazlaca talep edilmektedir. Çünkü bol yağda kızartma sonucu oluşan duysal kalite başka pişirme yöntemlerinde bulunmamaktadır. Bunlar arasında patates kızartması çok tercih edilen bir gıdadır. Örneğin ABD' de kişi başına yılda 13,6 kg patates kızartması tüketilmektedir. Bu yüzden gıda endüstrisi patates kızartması yerine başka sağlıklı ürünleri koymakta sorun yaşamaktadır (Ebersole, 2003).



Şema 2.1. Patates Akış Şeması

Kızartma işlemi; hızlı, ucuz ve etkili bir pişirme yöntemidir.(Saguy ve Dana, 2003). Yağda kızartmanın temeli bilinmemekle birlikte genel olarak dünyadaki tüm kültürlerin kullandığı pişirme yöntemidir (Banks, 2002). Derin yağda kızartma gıdaların hazırlanmasında kullanılan eski bir yöntemdir. Avrupa, Asya, Kuzey ve Güney Amerika ülkelerinin çoğunda günlük diyetinde kızartılmış ürünler (patates cipsleri, patates kızartması, kızarmış tavuk vs.) kendine özgü tat ve yapısından dolayı yüksek bir talep ile tüketilmektedir (Moreira vd. 1999; Mellema, 2003). Son zamanlarda yağda kızartılmış patates, kızartılmış sebzeler ve balık kızartmaları gibi ürünlerin kullanımı artmıştır (Öztürk, 2004; Demiröz ve Ataman, 2009).

Gıda hazırlarken kullanılan kızartma işlemi, evde ve endüstride gıdanın duyu özelliklerini artıran yaygın bir yöntemdir (Tarmizi, 2008; Demiröz ve Ataman, 2009). Bu işlem, gıda maddesinin 140°C – 180°C aralığındaki sıcaklıkta yağ içine daldırılmasıyla, gıdanın istenilen lezzet, doku ve renk kazanarak kısa sürede pişmesini sağlar (Choe ve Min 2007; Maskan vd. 2006; Serjouie vd. 2010). Kızartma süresi, kızartma yağı, gıdanın yüzey alanı ve içerdiği nem miktarı gıdanın yağ emilimini etkilemektedir (Moreira, 1997). Kızartmadaki amaç hızlı kızartma, kabuk yapması, renk, lezzet ve çıtır yapı oluşturmaktır (Saguy ve Dana, 2003). Kızartma yağı ısı transfer ortamı sağlayarak kızartılmış gıdanın lezzet ve tekstürünün gelişmesini sağlamakta olduğu bilinen bir husustur (Choe ve Min 2007). Kızartma sırasında yağ ile buharlaşan su yer değiştirerek ve dış yüzeyde kabuk oluşumunu sağlamakta olup, kızartma süresi arttıkça yağın viskozitesi de artmaktadır (Dana ve Saguy, 2006).

Derin yağda kızartma işleminde kullanılan yağlar saatlerce ya da günlerce kullanıldığı için bozulan yağlarda fazla olmaktadır (Pokorny, 1999). Gıdanın nemi, yüksek sıcaklık ve havadaki oksijen nedeniyle yağda; hidroliz, oksidasyon, polimerizasyon ve Maillard reaksiyonları gibi reaksiyonlar oluşmaktadır (Anonim, 2010; Bulut ve Yılmaz, 2010; Saguy ve Dana, 2003). Kızartma esnasında oksidasyon ürünü hidroperoksitler; esterler, aldehitler, alkoller, ketonlar, laktonlar ve hidrokarbonlar gibi ürünlere parçalanır ve bu duruma bağlı olarak gıdanın lezzet, tat, besin değeri ve koku gibi kalite kriterlerini olumsuz etkilemektedir (Ali, 2010; Negishi vd. 2003). Kızartma sırasında tepkimeye giren oksijen ile ortamdaki yağ, oksidatif bozunma reaksiyonlarını artırmakta olup, yağın kalitesini etkilemektedir (Choe ve Min, 2007; Serjouie vd. 2010). Kızartma esnasında yağların oksidasyonu/oksidatif bozunması normalde ilk aşamada yavaş gerçekleşirken, sonrasında hızı yoğun bir şekilde artmaktadır (Velasco ve Carmen, 2002; Kayahan, 2003).

Kızartma yağlarının atık olarak ayrılması ekonomik açıdan önemlidir (Ravelli vd. 2010). Atık yağların uzaklaştırılma maliyeti ve yağların verimli kullanılması ve atık yağların maliyeti yönünden atık yağları en aza indirmek gerekir (Negishi vd. 2003). Kızartma yağının kullanılabilirliğini artırmak için genellikle antioksidanlar kullanılmaktadır (Alaca ve Arabacı, 2005).

Okur (2008) tarafından yapılan çalışmada araştırmacı dondurulmuş patates örneklerine (ev tipi bir elektrikli fritözde) uygulanan kızartma işlemleri ($175\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 4 dk) süresince (60 dakikalık dinlenme ile 10 kez) kullanılan riviera zeytinyağı, rafine ayçiçeği, rafine soya, rafine fındık ve rafine mısırözü yağlarında 1., 3., 5., 7., 9 ve 10. kızartma işlemlerinden sonra SYA (% oleik asit), PS (meq $\text{O}_2/\text{kg.yağ}$) değerlerinde dikkate değer düzeyde önemli değişimlerin olduğunu göstermiştir. Kızartma periyodunda, bütün yağ çeşitlerinde % SYA sürekli artışlar göstererek kızartma işlemi sonunda en üst seviyeye ulaşmıştır. Peroksit değerleri, rafine ayçiçeği, rafine mısırözü ve rafine soya yağlarında 9. kızartma işlemine kadar sürekli artışlar gösterirken, 10. kızartmada düşüşler görülmüştür. Buna karşın, rafine fındık yağı ve riviera zeytinyağında ise kızartma periyodunun sonuna kadar sürekli artışlar belirlenmiştir. Okur (2008), kızartma yağlarının % serbest yağ asitliği değerlerinin kızartma sayısı ile doğru orantılı arttığını göstermiş olup, kızartma işlemi sırasında hidroliz ile oluşan serbest yağ asidi miktarı, oksidasyonla oluşana göre gıdanın kalitesini daha az etkilemektedir. Ayrıca yapılan GC kapiler kolon yağ asiti analizlerinde Okur (2008) tarafından, bütün yağ çeşitlerinin bileşimlerinde ortalama olarak, kızartma periyodunda palmitik asitte (SFA) önemli artış ve linoleik asitte önemli bir azalış belirlenmiştir. Aynı araştırmacı kızartma işlemlerinin adı geçen bitkisel sıvı yağlarda, linoleik ve linolenik asitlerin trans izomerlerinde artışa neden olmadığını ancak, trans oleik asit (eladik asit) içeriğinin ise az miktarda artış gösterdiğini tespit etmiştir. Kızartma yağında meydana gelen değişiklikler; yağın cinsi, ısıtıldığı sıcaklık derecesi, kızartma süresi, yağ değiştirme oranı, yağın havaya maruz kaldığı yüzey alanı, kızartılan gıdanın cinsi, yağın tipi, kızartma kabının modeli, gıda partiküllerinin yağda birikmesi, vb. gibi faktörler etkilediği Krokida vd. (2001) tarafından ifade edilmektedir.

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın 12 Mayıs 2012 tarihli resmi gazetede (Sayı:28290). "Kızartmada Kullanılmakta olan Sıvı ve Katı Yağlar için Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği" 1 Haziran 2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Anonim, 2012). Gıda üretim, satış ve toplu

tüketim yerlerindeki kızartma işlemlerinde kullandıkları katı ve sıvı yağların resmi kontrol ve denetimlerindeki kriterler belirlenmiştir. Buna göre, kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların polar madde değerleri maksimum % 25, kızartma yağının sıcaklığı maksimum 180°C ve asit sayısı (mg KOH/g yağ) 2,5'in altında olması gerekmektedir (Çizelge 2.2) (Anonim, 2012a)

Çizelge 2.1. Kızartma yağlarında bulunması gereken nitelikler (Anonim, 2012a)

Nitelikler	Değerler
Yağ Sıcaklığı (°C)	$\leq 180^{\circ}\text{C}$
Polar Madde (%)	$\leq \% 25$
Asit Sayısı (mg KOH/g yağ)	$\leq 2,5$

2.3. Ön Kızartmada Neden Palm Yağı Kullanılmaktadır ?

2.3.1. Palm Yağı Hakkında Genel Bilgiler

Palm ağacının ismi “*Elais guineensis Jacq.*”tır. Batı Afrika’daki halkın inancına göre ilk burada bulunduğu için isminin buradan geldiğine inanılmaktadır. Malezya, Batı Afrika, Orta Afrika, Güney Amerika ve Endonezya gibi bölgelerde yetiştirilmektedir (Şekil 2.2). Bu ağacın meyvelerinin yağ oranı oldukça yüksektir. Palm yağı, yağlı meyvenin pulp kısmından (yağ içeriği % 50) elde edilmektedir. Palm yağının özellikleri Çizelge 2.3.’ de gösterilmiştir. Palm meyvesinin çekirdeğinden de yağ elde edilmektedir ve bu yağa palm çekirdeği yağı (palm kernel) denilmektedir. Bu yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklıdır. (Çevik, 2017)



Şekil 2.2. Palm Ağacı

Palm meyvesi, hasat ve işleme esnasında yüksek enzimatik hidroliz reaksiyonları gerçekleştiği için palm yağının serbest yağ asit değeri %50’ ye kadar artmaktadır. Kaliteli meyvelerden elde edilse bile serbest yağ asidi değeri diğer bitkisel yağlara göre oldukça

yüksektir. Palm yağından çeşitli tekniklerle yaklaşık olarak 15 farklı yağ elde edilebilmektedir. Elde edilen bu yağların yağ asitleri kompozisyonları ve ergime noktası değerleri birbirinden farklıdır. Örneğin: palm yağı ergime noktası 33- 39°C iken, palm olein 20-22°C, palm stearin 50°C ergime noktasına sahiptir. Genel olarak oda sıcaklığında yarı katı halde bulunmaktadır (Köse, 2007; Karabıyık, 2014)



Şekil 2.3. Palm Meyvesi

Çizelge 2.2. Palm Yağının Bazı Karakteristik Özellikleri (Çevik, 2017)

Analizler	Değerler
Özgül Ağırlık(25 °C)	0,892-0,893
Refraktometre İndeksi	1,457-1,459
İyot Sayısı	46-56
Sabunlaşma Sayısı	196-202
Sabunlaşmayan Madde Sayısı (%)	0,2-0,33

Çizelge 2.3. Palm çekirdeği yağı ve palm yağının yağ içeriği

Fats & Fatty Acids				
Palm Çekirdeği Yağı			Palm Yağı	
Amounts Per Selected Serving		% DV		% DV
Total Fat	100 g	154%	100 g	154%
Saturated Fat	81,5 g	408%	49,3 g	246%
Monounsaturated Fat	11,4 g		37,0 g	
Polyunsaturated Fat	1,6 g		9,3 g	
Total trans fatty acids	~		~	
Total trans -monoenoic fatty acids	~		~	
Total trans -polyenoic fatty acids	~		~	
Total Omega-3 fatty acids	~		200 mg	
Total Omega-6 fatty acids	1600 mg		9100 mg	

Çizelge 2.4. Palm Yağının Yağ Asitleri Kompozisyonu (Çevik, 2017)

Yağ Asitleri	%
Miristik (C14:0)	0,5-6,0
Palmitik (C16:0)	32-45
Stearik(C18:0)	2-7
Oleik(C18:1)	38-52
Linoleik(C18:2)	5-11

2.3.2. Ön Kızartmada Palm Yağının Önemi

Palm yağı, gıda endüstrisinde yaygın kullanılan bitkisel yağdır. Palm yağı ticari olarak palm olein ve palm stearin olarak bulunmaktadır. Bu yağlar kullanılacak amaca göre farklı oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır. Kek, bisküvi, kraker, şekerleme gibi ürünlerde daha çok kullanılmasına rağmen kızartma amacıyla da yaygın kullanıma sahiptir. (Çevik, 2017)

Hazır besin endüstrisinin gelişmesiyle artan yağ ihtiyacı, maliyeti düşük olduğu için palm yağı kullanımının artmasına sebep olmuştur. Aynı büyüklükteki tarım alanından elde edilen palm yağı miktarı, diğer bitkisel yağların yaklaşık 10 katıdır (FAO). (Singh vd., 2013). Ayrıca diğer bitkisel yağlardan farkı, tek palm ağacı meyvesinden iki farklı bitkisel yağ üretilebilir. Bunlardan biri, palm ağacı meyvesinden elde edilen ham palm yağı, diğeri ise çekirdeğinden elde edilen palm çekirdek yağıdır. Her ikisinin de ticari olarak değeri bulunmaktadır (Sambanthamurthi vd. 2000).

Rafine edilmiş palm yağı depolama sırasında ısı kaybından dolayı sıvı halden katı hale dönüşür. Palm yağı rafine edildikten sonra sevkiyat için diğer fabrikalara dökme (tankerle) ya da kolilerle gönderilmektedir. Tankere dökme şekilde doldurulan palm yağı belirli bir sıcaklıkta erimiş halde olması gerekmektedir. Bunun için yağ fabrikasındaki depolardan aktarılmadan önce ısıtılması gerekir. Nakliye edilen firmaya ulaşan palm yağı, tankerlerden fabrikaya alınırken tekrar ısıtılmaktadır. Ayrıca fabrikada bekleme tanklarına alınan yağ, kullanım sırasında tekrar ısıtılmaktadır. Palm yağının yapısı gereği aktarımı sırasında çok defa ısıtılması gerekmektedir (Çevik, 2017).

Palm yağı, yağ asitleri ve trigliserit yapısı sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır (Özvural, 2003). Yaklaşık olarak %50 doymuş ve %50 doymamış yağ asidi kompozisyonuna sahip tek yağdır. Palm olein ve palm stearin, dondurma, kozmetik, kimya, ilaç ve biyoyakıt gibi endüstriyel ürünlerde ve çeşitli gıdaların üretiminde kullanılmaktadır. Palm stearin hidrojene edilmeden katı yağ üretimini sağlayabilmekte ve trans yağ oluşumunu engellemektedir (Barriuso vd. 2013; Kaçar, 2012). Palm yağı ve fraksiyonları diğer yağlar ile karıştırılıp çorbalarda, bebek mamalarında margarin üretiminde kullanılmaktadır. Palm yağının dumanlanma noktası 230°C olduğu için kızartmaya en uygun yağdır (Mba vd. 2015).

Palm yağı ve/ya da palm çekirdeği yağı ve bunların fraksiyonlarının gıda sanayinde yaygın olarak kullanılma sebepleri şunlardır: Katı haldeki gliserit içeriği çok yüksektir ve bu nedenle hidrojenasyon işlemine gerek kalmadan istenen kıvamı sağlamaya yardımcı olur. Oksidasyona karşı çok dayanıklıdır ve bu nedenle uzun raf ömrüne sahiptir. Erime noktası yüksek trigliseritlerde kullanılan palm yağı miktarı 10°C'de nispeten düşük katı içeriğiyle birlikte, özellikle sıcak iklimlerde geniş bir plastik özelliğe sahip ürünlerin hazırlanmasında ve bazı endüstriyel uygulamalarda yardımcı olur. Bazı uygulamalarda, örneğin margarin ve keklerde, arzu edilen bir özellik olan küçük yapılı beta tipi kristallerin oluşumunu sağlar. Fiyatları genellikle rekabetçi ve çok ekonomiktir. Linoleik asit içeriği nedeniyle (% 10-11), yüksek PUFA (çoklu doymamış ya asidi) içeriğine sahip margarinlerde sınırlı miktarlarda kullanılabilir. Plastik özellikleri açısından geniş bir ürün yelpazesine sahip olması nedeniyle nispeten yavaş erime özelliklerine sahiptir. Yavaş kristalleşme özellikleri, son üründe yapısal sertliğe ve yeniden kristalleşme eğilimine neden olabilir. Pişirme sırasında yağlar ısıyı besine transfer etmek için bir ortam görevi görürler.

Sıcak yağ, besinlere ısıyı transfer ederken kızarmış yiyeceklerin kendine özgü karakteristik rengini, lezzetini, dokusunu sağlar ve besin tarafından da emilir. Yiyeceklerin çok düşük sıcaklıkta kızartılması pişirme süresini uzatır ve besinin daha fazla yağ çekmesine neden olur. Bu durum ise yağ içeriği artmış besin tüketimine neden olur. Sıvı yağlar kızartma sırasında en fazla 180°C sıcaklığa çıktığında kızartılmış besin yüzeyinden su kaybolur ve kabuk tabakası oluşur, başta E vitamini olmak üzere vitamin ve besin değeri kaybına yol açar. Kızartmak için aynı yağı tekrar tekrar ısıtmak (derin yağlı fritözlerde olduğu gibi); dumanlanma noktasındaki sıcaklığı düşürür, yağların rengini koyulaştırır, yağın oksidasyonunu artırır ve potansiyel olarak istenmeyen bileşiklerin gelişmesine yol açar. Bitkisel yağların tekrar tekrar kullanılması sağlık açısından önerilmez. Evlerde kullanılan yağlar normalde çok daha kısa bir

süre için kullanıldığından ve bir veya iki kez kullanıldıktan sonra atıldığından stabilite sorunları daha az olur. Gıda sanayiinde kullanılan katı ve sıvı yağ kullanımı kontrol altında tutulmalıdır. (Ulusal Beslenme Konseyi Yağ Bilim Komisyonu Raporu, 2021).

2.4.Palm Yağının Kızartma İşlemlerinde Kullanımına İlişkin Yapılan Bilimsel Çalışmalar

Palm yağının tek başına veya doğal ve yapay antioksidantlar katılarak kızartma işleminde kullanımına dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Che Man ve Tan (1999) doğal (200 ppm oleoresin biberiye ve 200 ppm adaçayı özütü) ve yapay (200 ppm bütillenmiş hidroksitoluen [BHT] ve 200 ppm bütillenmiş hidroksianisol [BHA]) antioksidanların ilavesi ile rafine edilmiş, ağartılmış ve koku giderilmiş (RBD) palm olein yağının patates cipsinde derin yağda kızartma (180°C' de 7 ardışık gün ve 3,5 saat /gün olmak üzere) süresince bazı kalite özelliklerinde meydana gelecek bazı fizikokimyasal değişiklikler üzerindeki etkilerini kontrol örneği ile karşılaştırmışlardır. Kızarmış palm olein yağ örnekleri kırmızı- sarı renk değerleri (Iovibond) , polimer içeriği, serbest yağ asidi (SYA) düzeyi, peroksit değeri (PS), 232 ve 268 nm'de E1% 1cm özgül absorbans değerleri, iyot değeri (IV) ve cis yağ asitleri bileşenleri ile C18:2/C16:0 oranı açısından analiz edilmiştir. Yapılan analizler ile kızartma sayısının/süresinin artması ile birlikte kontrol grubu ve doğal anti oksidan ilavesi yapılan palm olein yağı örneklerinde görülen değişimler sırasıyla polimer içeriği (kontrol % 0,03 -5; doğal antioksidanlar: % 0,01 – 4,29), kırmızı- sarı renk (Kontrol: 0,55 R – 3,20 R/6,05 Y – 20,90 Y ve doğal antioksidant: değerleri 0,70 R – 1,80 R/7,30 Y – 20,50 Y) ve SYA (Kontrol:% 0,10 – 0,81 oleik asit ve doğal antioksidantlar: % 0,10 – 0,79 oleik asit) , PS [meqO₂/kg yağ] (Kontrol: 1,53 – 12,82 ve doğal antioksidantlar:1,57– 7,20), UV'de özgül absorbans değerleri 232 nm'de (Kontrol: 1,63 – 17,23 ve doğal antioksidantlar:1,62 – 12,43) ve 268 nm'de (Kontrol:0,40 – 4,26 ve doğal antioksidantlar: 0,37 – 3,02), Yağ asitleri bileşenleri laurik asit (Kontrol: % 0,29 – 0,41 ve doğal antioksidantlar: %0,26–0,56), miristik (Kontrol:%1,18 – 1,43 ve doğal antioksidantlar: %1,17 – 1,53), palmitik (Kontrol:% 41,14 – 68,19 ve doğal antioksidantlar:% 39,77–46,26), stearik (Kontrol: %3,90– 4,49 ve doğal antioksidantlar: %4,01 – 4,47), oleik (Kontrol: %43,24– 42,55 ve doğal antioksidantlar: % 42,64 –41,36), linoleik (Kontrol:%10,00–2,93 ve doğal antioksidantlar: %10,14–6,11) ve linolenik (Kontrol:% 0,29–0,02 ve doğal antioksidantlar:% 0,24 – 0,10), C18:2/C16:0 oranı (Kontrol:0,243 – 0,061 ve doğal antioksidantlar: 0,237 – 0,132) ve iyot sayısı (gI₂/100 g yağ) (Kontrol:56,98 – 41,83 ve doğal antioksidantlar: 56,60–

43,33) arasında tespit edilmiştir. Araştırmacılar PS değerlerinde kızartma ile birlikte yağ örneklerinin başlangıç değerine göre kızartma süresi ve sayısına bağlı olarak artan/azalan /artan/ azalan şeklinde dalgalı (değişken) değerler tespit etmişlerdir. Doğal antioksidanların ilavesi ile birlikte kontrol örneğine göre SYA, PS, özgül absorbans değerlerinde biraz daha düşük artışları kaydedilmiştir. Renk ve polimer değerlerinde kontrol örneğine göre benzer artışlar belirlenmiştir. Kızartma süresi/sayısının artması ile birlikte, palm olein yağının önemli major doymuş cis formu yağ asitlerinden palmitik asit (ile birlikte ayrıca, minör yağ asitlerinden laurik, miristik ve stearik asit) düzeyi artar iken ve çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik ve linolenik asit düzeyi azalmıştır. Benzer durum iyot sayısı değerlerindeki azalma ile de görülmüştür. Araştırmacılar çalışma bulgularının genel bir değerlendirmesi olarak RBD palm olein yağ oksidasyonunu engellemede etkinlik sırası ($P < 0,05$ düzeyinde) oleoresin biberiye > BHA > adaçayı özü > BHT > kontrol örneği olarak sıralamışlardır.

Kayahan (2002) tarafından yapılan çalışmada, % 20 oranında palm olein katkılı soya ve ayçiçeği yağlarına 5 gün süreyle kızartma işlemi uygulanmıştır. İlave edilen palm olein her iki yağa stabilite kazandırmakla birlikte ısıtma işlemi karşı kızartılmış yağın rengi üzerinde olumlu bir etki göstermiştir. Çalışmada yağ asidi kompozisyonundaki değişim de incelenmiş olup kızartma işlemi sırasında her iki yağın linoleik asit/palmitik asit oranı önemli oranda azalmıştır. Bunun yanında kullanılan palm olein, indüksiyon süresi ve köpük oluşum miktarı üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir.

Chatzilazarou vd (2006) yaptığı bir çalışmada, mısır yağı ve zeytinyağı üzerine ısıtma işlemin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla mısır yağı, pirina yağı ve mısır-zeytinyağı karışımına 175°C'de kızartma işlemi uygulanmıştır. Uygulanan ısıtma işlemi süresince yağ örneklerinin peroksit değerleri önemli oranda artış göstermiştir. Ancak 6 saatlik süre sonunda, diğer yağlardan farklı olarak, pirina yağının peroksit değerinde ise önemli oranda azalma tespit edilmiştir.

Ramli vd. (2012)'nin çalışmasında, 180 °C'de 2,5 dakikada gerçekleştirilen patates kızartma işlemi sonrası ısıtma işlemlerinde kullanılan palm olein, ayçiçeği ve mısır yağlarında SYA (oleik asit olarak), 5. kızartma sonrasında sırasıyla % 0,55, % 0,11, % 0,58 çıkmıştır. 5. kızartma sonrası peroksit değerleri sırasıyla 11,66 meq O₂ /kg.yağ, 24,32 meq O₂ /kg.yağ ve 16,01 meq

O₂ /kg.yağ olarak sonuçlanmıştır. Daha önceki yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında PS değerleri sınır değerinin üzerindedir.

Yağlarda miktarca fazla olan trigliseritlerin; kızartma işlemi sırasında, hidrolize uğramasıyla, SYA'nin arttığı ve ortamda monogliseritler, digliseritler ve gliserol oluşmaktadır (Baltacıoğlu,2007). Kızartma sırasında hidroperoksitlerin bozunması sebebiyle SYA artışı olmuştur (Maskan vd. 2006). SYA artışı, kızartma yağının sıcaklığına ve besindeki su miktarına bağlı olup bu iki faktörün aynı olduğu durumda; SYA artışı da oleik asit baskınlığında daha az olmaktadır (Dedetaş, 2016). Palm yağında kızartma süresince SYA artışının az olması; tepkimelere karşı yağın daha oksidatif stabil olduğunu göstermektedir (Miyashita vd. 2020- Frega vd. 2020).

Uslu (2014) yapmış olduğu bir çalışmada, kızartma tekerrür sayısının farklı bitkisel yağların fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada ayçiçeği yağı, mısır yağı, fındık yağı, palm yağı ve riviera zeytinyağı kullanılmıştır. Farklı kızartma materyalleri kullanılarak 180°C'de 12 kez kızartma işlemi uygulanmıştır. Elde edilen veriler incelendiğinde, kızartma sayısının artması ile birlikte yağların serbest asitlik, peroksit, viskozite değerlerinde ve polar madde içeriklerinde önemli oranda artış, çoklu doymamış yağ asidi miktarında önemli oranda azalış tespit edilmiştir.

Ceylan (2020) tarafından yapılan çalışmada ticari kızartma yağı, fındık yağı, palm olein yağı ve farklı oranlarda fındık yağı ile palm olein yağlarının paçallanmasıyla (pac1 ve pac2) elde edilen yağlara günde 4 defa 3 gün boyunca fritözde 180 °C'de kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işleminde yağların nasıl etkilendiğini belirlemek için bazı kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Bu analizler; serbest asitlik (%0,35 - %1,39), peroksit sayısı (0,64-11,49 meqO₂/kg), p-anisidin değeri (5,06-67,52), toplam oksidasyon değeri (7,66-91,11), konjuge dien (2,84-11,09) ve trien (1,07-5,65), renk analizi, toplam polar madde, viskozite (17,64–140 mPa.s) analizleridir. Ayrıca yağların oksidatif stabilitelerini arttırmak sebebiyle yağ örneklerine, BHT (200 ppm) ve uşkun bitkisi ekstraktı (*Rheum ribes* L.), kinoa bitkisi ekstraktı (*Chenopodium quinoa* Willd.) ve propolis ekstraktlarından (1000-1500 ppm) ilave edilmiştir. Doğal ekstraktların etkisi BHT ile karşılaştırmaları yapılmış ve BHT'ye en yakın

etkiyi 1500 ppm düzeyde propolis ekstraktı göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre, genel olarak kızartma sayısının artmasıyla fiziksel ve kimyasal özelliklerin belirgin şekilde değiştiği, bu değişikliğin de istatistiksel anlamda önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Ayrıca tüm yağ örneklerinde yağ asitleri profili, uçucu bileşenler ve 3-MCPD (1,44-9,11 ppm) ve glisidil (0,36-13,03 ppm) esterleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarında göre, palm olein yağının artmasıyla oksidatif stabilitenin arttığı ancak bunun daha yüksek miktarda 3-MCPD ve glisidil esteri meydana gelmesine sebep olmuştur (Ceylan,2020).

İzmir halkının sıklıkla tükettiği lokma tatlısı ticari ayçiçeği ve palm olein yağları ile aynı yağ ile 8 parti halinde kızartılarak kızartma yağında görülen bazı fiziko-kimyasal değişiklikler (SYA, PS, toplam polar madde (%TPM) miktarı) Çatar vd., (2021) tarafından ölçülmüştür. Ayçiçeği yağında kızartılan son lokmanın yağ çekme miktarı (% 8,3), palm oleinde kızartılan lokmadakine (% 6,5) göre yüksektir. Her iki yağın 8. kızartma sonundaki %TPM değerleri (ayçiçeği yağında: %18, palm oleinde: %12,5) kızartma yağları için önerilen yasal sınırın (% 25) altında bulunmuştur. Aynı sayıdaki kızartma işlemi sonunda SYA değerleri değişimi (% oleik asit olarak) Ayçiçek yağında % 0,0001 - 0,53 ve palm olein yağında % 0,00001 – 0,34 olmuş olup, PS değişimi de sırasıyla 3,2 – 74 meqO₂/kg.yağ ve 1,5 – 14 meqO₂/kg.yağ arasında tespit edilmiştir. Palm olein yağının % TPM'deki artış hızı ve SYA miktarının artışı ayçiçeği yağına göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Araştırmacılar elde edilen analitik sonuçların ışığında palm olein yağının, derin yağda lokma kızartma işleminde, ayçiçeği yağına göre oksidatif olarak daha dayanıklı olduğunu ifade etmişlerdir(Çatar vd., 2021).

İyilikeden (2023) çalışmasında, palm olein yağına eklenen yapay (BHT, BHA+BHT) ve doğal (zeytin yaprağı ekstraktı ve ısırgan otu ekstraktı) antioksidanların kızartmalık performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla bir firmadan temin edilen patateslere 180 °C'de 30 dakika aralıklar ile günde 16 defa kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işlemi 3 gün boyunca devam etmiştir. Kızartma işlemi sonrası renk değerleri, SYA, PS, konjuge dien, toplam polar madde (TPM) içerikleri, yağ asitleri kompozisyonu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kızartma sayısının artması ile yağların renk değerleri, SYA, PS, konjuge dien ve TPM içeriklerinde artış gözlenmiştir. SYA'da en az artış BHT içeren yağ numunelerinde (% 0,24), peroksit değerlerinde en az artış BHT + BHA içeren yağ numunelerinde (2,83 meq O₂/kg), konjuge dien değerlerinde en az artış kontrol grubu içeren yağ numunelerinde (9,07), toplam polar madde miktarındaki en az artış BHT+BHA içeren yağ numunelerinde (17,00)

tespit edilmiştir. Kızartmanın 3. Gününde BHT içeren grubun toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarları kontrol grubuyla çok benzer iken, BHT+BHA, ısırgan otu ve zeytin yaprağı ekstraktı içeren grupların sonuçları birbirine yakındır (İyilikeden, 2023).

2.5.Uçucu Yağlar ve Antioksidan Özellikleri

Uçucu yağlar *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae*, *Rutaceae*, *Asteraceae*, *Umbelliferae*, *Zingiberaceae* familyalarına ait bitkilerden elde edilen ikincil metabolit ürünleridir (Pateiro vd. 2021). Uçucu yağ bitkinin kendisinden veya çiçek, kök, yaprak, tohum, meyve, kabuk gibi bitki organlarından çeşitli yöntemlerle üretilen farklı oranlarda lipofilik maddeler içeren aromatik ve uçucu maddelerdir. (Grassmann ve Elstner 2003; Rios 2016). Çok sayıda ve farklı oranlarda bileşen içeren uçucu yağlar yeni damıtıldığı (hidrodistilasyona maruz kaldığı) zaman oda sıcaklığında renksiz veya hafif sarı renkte, kokulu ve çoğunlukla düşük yoğunluktadır. Uçucu yağlar, bitkilerden elde edilen normal koşullarda sıvı, bazen donabilen uçucu, baskın kokulu ve yağimsi karışımlardır (Tanker, 1990). Etanol gibi organik çözücülerde çözünebilir ancak suda az çözünürlüğe sahiptirler. Uçucu yağ çeşidi 3000 civarında iken bunların ticari olarak 300 kadarı kullanılabilir. Kullanım alanları oldukça yaygındır. Kozmetik alanında, tıp ve eczacılık alanında, biyopestisit ve böcek kovucu olarak tarım alanında ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Rios 2016).

Uçucu yağlar, farklı bileşenleri içeren kompleks karışımlar olduklarından biyolojik etkileri yönünden de farklılık göstermektedir. Etki dereceleri içerdikleri etken maddesinin özelliğine bağlı olarak değişiklik gösteren uçucu yağlar, antimikrobiyal özelliğe sahiptir (Bağcı ve Dığrak, 1997).

Tüketicilerin doğal katkı maddelerine olan ilgisi dikkatleri uçucu yağlara çekmiştir. Uçucu yağlar bitkilerden elde edilen doğal maddeler olup, içerdiği bileşenler (fenol, terpen, alkol, aldehit, keton, ester, eter gibi kimyasal bileşikler) sayesinde antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahiptirler. Uçucu yağların kimyasal bileşiklerinden monoterpenler, öjenol, karvakrol, sinnamaldehit ve timol varlığı da antioksidant etkiye katkı sağlamaktadır (Elsabee vd. 2016; Perdones vd. 2016).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bitkiler çay, baharat ve tedavi amaçlı kullanılmaktadır. Ülkemizde 9000'e yakın doğal bitki türü vardır ve bunların % 30'u endemiktir. Buna rağmen bu sahip olunan zenginlikten gıda endüstrisinde ülkemizde yeterince yararlanılamamaktadır (İlçim vd. 1998)

Akgül ve Ayar (1992), yerli baharatların antioksidan etkileri ile ilgili yaptıkları çalışmada; biberiyenin en fazla antioksidan etkiye sahip olduğunu, adaçayı, sumak, kekik, mercanköşk ve zahterinde oldukça belirgin antioksidan etki gösterdiğini açıklamışlardır.

Réblová vd. (1999), derin yağda kızartma esnasında kızartmanın stabilizasyonu üzerine biberiye ekstraktının etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada; biberiye ekstraktlarının, özellikle kolza yağında polar maddelerinin, polimerlerin oluşumunu ve çoklu doymamış trigliserollerin bozunmasını önlediğini görmüşlerdir. Biberiye ekstraktlarının kızartma yağının stabilizasyonu üzerinde olumlu bir etki sağladığını belirtmişlerdir.

Doğal antioksidan olarak kullanılan biberiye, adaçayı ve sitrik asit birleşiminin, palm olein kızartma yağlarında yağ asitlerinin bozunmasını geciktirdiğini bildirmişlerdir (Warner ve Gehring, 2009).

EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) ve FDA tarafından güvenli olarak listelenen, doğal ve etkili bir gıda koruyucusu olan biberiye yağı düşük maliyetlidir ve yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Biberiye uçucu yağının koruyucu etkisinden et ürünleri, balık ve işlenmiş gıdalarda katkı maddesi olarak veya film kaplamaya eklenerek gıda ambalajlarında kullanılmaktadır (Hernández vd. 2016).

Uçucu yağı ve bileşenleri konusunda çalışma yapılan bitkilerden biride kekiktir. Kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisi Lamiaceae familyasında yer alan dünyaca ünlü, en önemli ve yaygın olarak kullanılan baharatlardan biridir. Uçucu yağında thymol, carvacrol, p-simen, terpineol, borneol, cymol, linalol gibi bileşenlere sahiptir. Kekik uçucu yağının ana bileşeni olan thymol ve carvacrol maddeleri bitkiye kokusunu verir. Bazı ülkelerde tek başına gıda aroma katkısı olarak kullanılmaktadır (Akgül, 1993; Stahl-Biskup ve Venskutonis 2012).

FDA tarafından GRAS statüsünde değerlendirilen kekik p-simen, karvakrol, γ -terpinen gibi bileşenleri sayesinde güçlü antioksidan ve antimikrobiyal özelliğe sahiptir. Koruyuculuğu sağlayan en aktif iki bileşenin fenolik monoterpenoidler olan timol ve karvakrol olduğu, bunların yanı sıra minor bileşikler olan γ -terpinen, p-simen gibi monoterpen hidrokarbonlar ile sinerjistik etkinin mümkün olduğu bildirilmiştir. Yiyecek, içecek ve şekerleme üretiminde lezzet arttırıcı ve aroma verici olarak kullanımının yanı sıra gıda koruyucu özellikleri nedeniyle de tercih edilmektedir (Mandal vd. 2016).

Kekikte bulunan aktioksidan maddeler, saklanması gereken besinlerde acılaşmayı ve bozulmayı önlemiştir. Bu bitkiler gıda maddelerinin içine katılarak veya bulundukları kabın

içine konularak onların raf ömürlerini uzattığı gözlenmiştir (Stahl-Biskup ve Venskutonis 2012; Mandal vd. 2016).

Nane (*Mentha species*) bitkisi Lamiaceae familyasına ait olup ülkemizde yıllardır bahçelerde, evlerin önünde ve tarlalarda yetiştirilmektedir (Bulut, 2006; Özgüven vd. 1999; Chan, 2001). Nane yağı, türlere, çeşitlere, iklim koşullarına, bitkinin coğrafi konumuna ve ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak 200'den fazla bileşen içermektedir (Doğan, 2019).

2.6. Uçucu Yağları ve Doğal Antioksidanları İçeren Ekstraktların Kızartma Süresince Bitkisel Yağlar Üzerine Etkileri Hakkında Yapılan Çalışmalar

Suja vd. (2004) yapmış oldukları bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda susam küspe ekstraktı ilave ettikleri soya, ayçiçeği ve aspir yağlarına 60°C sıcaklıkta hızlandırılmış oksidasyon testi uygulamışlardır. Çalışmada ilave edilen ekstrakt, yağların peroksit sayısı, konjuge dien miktarı ve p-anisidin değerini önemli oranda düşürmüştür. Bunun yanında kullanılan ekstraktın tüm konsantrasyonları, 200 ppm BHT'den önemli oranda daha yüksek antioksidan aktivite sergilemiştir.

Iqbal ve Bhanger (2007), sarımsak ekstraktı ilave edilmiş ayçiçeği yağının oksidasyona karşı stabilitesini incelemişlerdir. Bu amaçla farklı konsantrasyonlarda ekstrakt içeren yağ örneklerine 65° sıcaklıkta hızlandırılmış oksidasyon testi uygulamışlardır. Çalışma sonunda 1000 ppm ekstrakt içeren örnek, 200 ppm BHT ve BHA içeren örneklerden önemli oranda daha etkili bir stabilite sergilemiştir.

Farag vd. (2007), zeytin yaprağı ekstraktının ısıtma işlemi altında oksidasyona karşı etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla farklı konsantrasyonlarda ekstrakt ilave edilen ayçiçeği yağı örneklerine günde 5 saat süreyle 180°C'de 5 gün boyunca ısıtma işlemi uygulanmıştır. Isıtma işlemi ile birlikte fenolik bileşenlerin miktarında azalma tespit edilmiştir. Çalışmada ekstrakt katkılı örnekler ile BHT katkılı örnekler karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre 800 ppm oranında ekstrakt içeren örneklerin ısıtma işlemi karşı stabilitesi, BHT içeren örneklerden önemli oranda daha yüksek çıkmıştır.

Du ve Li (2008) yapmış oldukları bir çalışmada, dana etine derin yağda kızartma işlemi uygulamışlar ve kızartma işlemi sırasında tencereden elde edilen uçucu yağın oksidasyona karşı etkisini araştırmışlardır. 150°C sıcaklıkta ve 1,5 dakika süreyle gerçekleştirilen kızartma işleminde peroksit sayısı ve tiyobarbitürik asit miktarındaki

değişim incelenmiştir. Çalışma sonunda, 250 mL palm yağında oksidasyonu önlemek için en etkili tarçın uçucu yağ miktarının 30µL olduğu tespit edilmiştir.

Iqbal vd (2008), nar kabuğu ekstraktı ilave edilmiş ayçiçeği yağının oksidasyona karşı stabilitesini incelemişlerdir. Çalışmada ekstrakt içerikli (250, 500 ve 1000 ppm) örnek grubu, 200 ppm BHT içerikli örnek grubu ve kontrol örnek grubu kullanılmıştır. Yağ örneklerine 65°C sıcaklıkta hızlandırılmış oksidasyon testi uygulanmışlardır. Çalışma sonunda 1000 ppm ekstrakt içeren yağ örnekleri en etkili stabiliteyi sergilemiştir.

Okur (2008) yapmış olduğu bir çalışmada, derin yağda kızartma işleminin bazı bitkisel sıvı yağların yağ asidi bileşimleri ile oksidatif stabiliteleri üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada patates dilimleri riviera zeytinyağı, ayçiçeği yağı, soya yağı, fındık yağı ve mısırözü yağı içerisinde 175°C'de kızartılmıştır. Kızartma işlemi yağ değiştirilmeksizin 10 defa tekrarlanmıştır. Kızartma işlemleri süresince yüzde serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve indüksiyon zamanlarında önemli oranda değişim tespit edilmiştir. Tüm yağ çeşitlerinde yüzde serbest yağ asitliği ve peroksit değeri kızartma sayısı ile birlikte genellikle artmıştır, indüksiyon zamanları ise sürekli olarak önemli oranda azalmıştır. Yine kızartma işleminden toplam doymuş, toplam doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asidi içeriği önemli oranda etkilenmiştir.

Ayadi vd. (2009) çalışmasında biberiye, lavanta, adaçayı, reyhan, limon ve kekik gibi bitkisel ürünleri %5 oranında zeytinyağına ilave etmişlerdir. Örnekler 60°C'de 55 gün süreyle hızlandırılmış oksidasyon uygulanmıştır. Çalışma kapsamında peroksit sayısı, konjuge dien miktarı, konjuge trien miktarı ve fenolik bileşiklerde ortaya çıkan değişim incelenmiştir. Elde edilen verilere göre en etkili bitkilerin biberiye, kekik ve limon olduğu görülmüştür.

Çalikoğlu vd. (2009) yapmış oldukları bir çalışmada, adaçayı yaprakları ve bu yapraklardan elde ettikleri uçucu yağı ayçiçeği yağı içerisine ilave etmişlerdir. Yağ örneklerine 60°C sıcaklıkta 14 gün süreyle hızlandırılmış oksidasyon testi uygulanmışlardır. Yapılan çalışmada, örneklerin peroksit sayıları ve konjuge dien değerlerindeki değişim gözlenmiştir. Elde edilen verilere göre, ilave edilen katkı ayçiçeği yağının antioksidatif kapasitesini önemli oranda artırmıştır.

Dıraman ve Hışıl (2009) tarafından üç farklı bitkisel (natürel zeytinyağı, rafine fındık ve rafine bitkisel karışım) yağa ağırlıkça % 2,5 oranında antioksidan etkilerinin yüksek olduğu

bilinen kekik, (thymol, karvakrol, terpinen, p-cymene ve borneol) biberiye (rosmarinik asit, karnosol ve rozmanol) ve nane (mentol, menton, mentofuran, mentil asetat ve γ - terpinen) ilave edilmiştir. Bitkisel yağlar ağzı açık ve kapalı örnekler olarak 7 gün sürede 75 °C sıcaklıkta bir ısıtma işlemine maruz bırakılmışlardır. Tüm yağ örneklerinde serbest yağ asitleri (SYA),peroksit sayıları (PS) ve cis-trans yağ asitleri izomerleri yapılmış, OS (Oksidatif Stabilite) peroksit sayısı % değişimine göre tahmin edilmiştir. Baharat ilavesi ile (özellikle zeytinyağında biberiye, nane; fındık yağında kekik, biberiye ve bitkisel karışım yağda kekik ilavesi) yağ örneklerinin oksidatif stabilite (OS) yükseltmiştir. Ağzı kapalı örneklerin büyük çoğunluğunda SYA (% oleik asit olarak) değerlerinin ve bunların değişiminin ağzı açık örneklerine göre nispeten daha yüksek olduğu görülmüştür. Baharat ilavesi ve ısıtma işlemin etkisine bağlı olarak örneklerin cis-trans yağ asitleri izomerlerinde istatistiksel açıdan önemli ($P>0.01$) bir farklılık bulunmamıştır. Bu çalışmada araştırmacılar PS değişimlere göre; en etkili baharatın zeytinyağı için biberiye ve nane, rafine fındık yağında kekik ve biberiye ve bitkisel karışım yağda ise kekik olabileceğini ifade etmişlerdir (Dıraman ve Hışıl,2009).

Zhang vd. (2010) biberiye yapraklarında bulunan ve diterpen yapısında olan karnosik asidi rafine ayçiçek yağına ilave ederek, 60°C'de 21 gün hızlandırılmış oksidasyon testine maruz bırakmışlardır. Karnosik asit katkılı örneklerin, hızlandırılmış oksidasyon testinde peroksit ve p-anisidin değerlerinin kontrolden daha düşük olduğunu ve koruyucu etkisini gözlemlemişlerdir.

Şahan (2012) yapmış olduğu bir çalışmada, ekinezya bitkisinden elde edilen ekstraktların bitkisel yağların stabilitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla 500, 1000 ve 2000 ppm oranında ekinazyaya ekstraktı ayçiçeği ve kanola yağına ilave edilerek yağların 120 °C'deki oksidatif stabilitesi ölçülmüştür. Farklı çözümler ile elde edilen ekinazyaya ekstraktlarının yağların oksidatif stabilitesi üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Horuz ve Maskan (2015) mısırozü yağı ile yapılan 150 ve 180°C aralığındaki kızartma deneyinde karvakrolün antioksidan etkinliğini doğrulamışlardır. Kızartma işlemi sırasında artan serbest yağ asidi miktarı, peroksit değeri, p-anisidin değeri ve toplam polar madde miktarlarını (%) karvakrolün, BHT ve antioksidan içermeyen yağa göre önemli oranda düşürdüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca, karvakrolün kızartma yağı olarak kullanılan palm yağı ve mısırozü yağının indüksiyon periyodunu (PetroOXY cihazı ile 700 kPa basınç ve 144-

186°C sıcaklık aralığında) artırmada sinnamaldehit ve kurkuminden daha etkili olduğunu; timolün palm yağında antioksidan etkinliğinin fazla olduğunu saptamışlardır.

Tabar (2018) yapmış olduğu bir çalışmada, farklı bitki ekstraktlarının ayçiçeği yağında oksidasyonu engelleme performanslarını değerlendirmiştir. Ekstrakt ilave edilmiş ayçiçeği yağı örnekleri 25, 50 ve 75°C’lerde 21 gün süre ile hızlandırılmış oksidasyon testine tabi tutulmuştur. Örneklerde, depolama süresi ve sıcaklığına bağlı olarak ortaya çıkan oksidasyon ürünleri artış göstermiştir. Elde edilen verilere göre biberiye, sumak, ısırgan ve zencefil ekstraktı ayçiçeği yağının oksidasyonunu geciktirerek oksidatif stabilitesini önemli oranda artırmıştır.

Passos vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada, antioksidan etkisi büyük ölçüde timol ve karvakrol gibi fenolik bileşiklerden kaynaklanan kekik esansiyel yağını mayoneze ekleyerek fırın (etüv-Schaal) testine (8 gün 63°C’de) tabi tutmuşlar ve elde edilen sonuçları BHT ile karşılaştırmışlardır. Peroksit değeri ve tiyobarbiturik asit reaktif madde sonuçlarına göre mayonezde lipit oksidasyonunun önlenmesinde kekik esansiyel yağının BHT ile benzer etki gösterdiği bildirilmiştir.

Çelebi (2022), Ayçiçeği yağının termal oksidatif stabilitesi üzerine şerbetçiotu yağının etkisi çalışmasında uygulanan ısıtma işlemleri sonunda, 2400 ppm oranında ilave edilen şerbetçiotu yağının SYA artışına önemli oranda engel olduğu (% 0,167 – 0,210 oleik asit) görülmüştür. Tüm örnek gruplarında peroksit değerleri azalmış ve 2,84 meq O₂/kg ile 6,20 meq O₂/kg arasında değişim göstermiştir. İzooktan ile spektroskopik olarak ölçülen konjuge dien (232 nm’de 0,29 – 1,46) ve konjuge trien miktarı (270 nm’de 0,10 -0,20) tüm örnek gruplarında artmış olup oksidasyondan en fazla etkilenen Kontrol grubu olmuştur. Isıtma işlemlerinin etkisiyle ortaya çıkan oksidasyon örneklerin yağ asidi kompozisyonunu etkilemiş olup genel olarak, doymuş yapıda olan palmitik asit, stearik asit ve tekli doymamış yapıda olan oleik asit oranı artmıştır. Bunun yanında çoklu doymamış yapıdaki linoleik asit oranı ise azalmıştır.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan (palm meyvesinden elde edilmiş ve olein – sterain fraksiyonlarını içeren) palm yağı örneği dondurulmuş parmak patates üretimi yapan özel bir firma (Sanpa Gıda San. ve Tic. A.Ş -Afyon – Sandıklı) tarafından yurtdışından (Malezya) ithal edilmiş olup, ithalatçı firma (Felda IFFCO Çiğli-İzmir) satın alınmıştır. Kullanılan palm meyvesi yağının kalite sertifikasına göre özellikleri: Menşei Malezya olup hidrojenasyon ve trans yağ içermez, Renk max. 4K'dır. Erime noktası: 36- 39 ° C. Peroksit değeri: Max.1 meq/kg. Dioksinlerin Toplamı: max.0,75 picogram/g. Dioksinler ve Benzeri PCB'lerin Toplamı: max. 1,25 picogram/g. PCB: max.40 nanogram/g. Benzo(a)piren: max.2 µg/kg. Benzo(piren+anthrasen+floranthen) krisen: max.10 µg/kg.

Palm yağı endüstriyel amaçla patateslerin ön kızartma işleminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ön kızartma işleminde kullanılan parmak patates örnekleri, aynı partiden olmak üzere firmadaki (Sanpa Gıda San. ve Tic. A.Ş -Afyon – Sandıklı) üretim hattından sağlanmıştır. Parmak patatesler üretim hattında endüstriyel bir proses olarak haşlama ve kurutma işlemlerine tabi tutulmuştur.

Palm yağına ağırlıkça % 0,25, % 0,50 ve % 1,00 düzeyinde ilave edilen uçucu yağ örnekleri (kekik [su buharı distilasyonu yöntemiyle elde edilmiştir. % 100 kekik uçucu yağı.], nane [su buharı distilasyonu yöntemiyle elde edilmiştir. % 100 nane uçucu yağı.], Biberiye [su buharı distilasyonu yöntemiyle elde edilmiştir. % 100 biberiye uçucu yağı.]) Ticari olarak hidrodistilasyon yöntemi ile Cemilefendi firması (Turgutlu – Manisa) tarafından üretilmiş olup, Sandıklı – Afyonkarahisar bir aktardan satın alınmıştır.

Yağ örneklerinin içerisine ağırlıkça % 0,25, % 0,50 ve % 1,00 düzeyinde kekik, biberiye ve nane uçucu yağı herhangi bir işlem yapılmaksızın doğrudan ilave edilmiştir. Çalışmada kullanılan baharat çeşitleri ülkemizdeki yaygın bulunma durumuna göre seçilmişlerdir. Kekik dünyaca ünlü, en önemli ve yaygın kullanılan baharatlardan biri olup, antioksidan özelliklere sahip thymol, carvacrol, terpinen, p-cymene ve borneol hakim uçucu yağlarıdır. Biberiye de Akdeniz kökenli, ülkemizin doğal florasında yaygın bulunan ve en ucuz baharatlardan olup, antioksidan özellikteki hakim uçucu yağı profili de rosmarinik asit, karnosol ve rozmanol'dür.

Bu çalışmada kullanılan diğer baharat çeşidi nane olup, bu bitki vanilya ve turunçgillere göre sonra dünyanın en önemli ve yaygın aromasıdır. Uçucu yağının bileşimi antoksidan özellikler içeren mentol, menton, mentofuran, mentil asetat ve γ - terpinen'den oluşmaktadır. (Akgül, 1993)

3.2. Metot

Kızartma işleminde Ozti marka fritöz (5 lt kapasiteli Fritöz Gn 1/3 Öztiryakiler -Türkiye) kullanılmıştır. Ön kızartma işlemi fritöz hacmi dikkate alınarak 6 ölçek palm yağı örneğine 1 ölçek parmak patates örneği olacak şekilde düzenlenmiştir. Fritözdeki palm yağına % 0,25, % 0,50 ve % 1,00 olacak şekilde kekik, nane ve biberiye uçucu yağları ilave edilmiştir. Deneysel çalışmalar süresince, parmak patates örneklerinin ön kızartma işlemi yağ ilavesi yapılmadan fritözde (önceden sıcaklık ayarı yapılarak) 180°C 'de 40-50 sn süre olacak şekilde gerçekleştirmiştir. Her ön kızartma sonrası, Testo 270 Polar Madde Cihazı (Almanya) ile de yağ içindeki polar madde miktarı ölçümü yapılarak maksimum % 25 olana kadar kızartma işlemi gerçekleştirmiştir.

İthal palm yağı HQPO 36-39 kodlu ürün olup Palm Olein + Stearin Fraksiyonlarının içermektedir. Kızartılmış ürünlerde gevreklik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada endüstriyel uygulamaya benzer olarak, ön kızartma işlemleri laboratuvarında ithal palm yağı örneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve uçucu yağ ilave edilmiş palm yağı örneklerinden 3.kızartma sonrası, 8.kızartma sonrası ve son kızartma işlemi sonrası olmak üzere örnekler alınmıştır. Son kızartma işlemi sonucunda palm yağları kaba filtre kağıdından süzülerek içinde -18 ° C'de muhafaza edilmiştir. Kızartma denemeleri iki paralel olacak şekilde analiz edilmiştir. Toplamda 27 adet uçucu yağ ilavesi bulunan yağ numunesi,1 adet kontrol (ham palm yağı) numunesi mevcuttur.

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Toplam Polar Madde Tayini

Parmak patateslerin ön kızartma işleminde kullanılmış olan palm yağlarındaki toplam polar madde (TPM) tayini Testo 270 (Testo, Almanya) TPM ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz TPM 'yi elektriksel iletkenliğin bir fonksiyonu olarak tespit etmekte olup, elektriksel iletkenlik sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bununla beraber TPM de sıcaklığa paralel olarak değişiklik göstermektedir (Önder, 2011). Analizler öncesi polarimetre

cihazı TPM değeri $\% 3,5 \pm 0,5$ olan standart yağ çözeltisi ile kalibre edildikten sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tüm palm yağı örneklerinin sıcaklıkları $170-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık düzeyindeyken ölçümlerinin alınmasına özen gösterilmiştir. Şekil 3.1. 'de ilgili cihazın resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Testo 270 toplam polar madde ölçüm cihazı.

3.3.2. Refraktif İndeks (Rİ) Tayini

Yağlarda saflık derecesini ve doymamışlık düzeyin, tespit etmek için, refraktometre kullanılarak (IUPAC 2.102) refraktif indeks (Rİ) ölçümü yapılmıştır. Bu yöntemde ölçüm, ışığın kırılma indisine bağlıdır. Bir sıvı yağın doymamışlık derecesi arttıkça kırılma indisi de artmaktadır (Yetim ve Kesmen 2015). Önceden kaba filtre kağıdı ile süzölmüş berrak palm yağı örneklerinin Rİ değerlerinin ölçümü $20 (\pm 3)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de (Atago RX-5000 α , Japonya) tayin edilmiştir.



Şekil 3.2. Atago RX-5000 α cihazı

3.3.3. Serbest Yağ Asitliği Miktarı Tayini (SYA)

Serbest yağ asitliği (SYA) miktarı yağ için önemli bir kalite indeksidir: Yağın tazelik ve raf ömrü belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır. SYA miktarının yüksek bulunması yağın oksidasyona uğradığının ve acılaşmaya başladığının bir göstergesidir. Kızartma esnasında ısıl işlemin etkisi ile nötral yağlarda (trigliserit) hidrolitik parçalanmalar sonucu ortamda açığa çıkan mono,di-gliserigler ve gliseoller yağın SYA düzeyi yükselmektedir. Palm yağı örnekleri için SYA değerlerinin belirlenmesinde titrimetrik esaslı yöntem uygulanmış olup sonuçlar % oleik asit olarak belirtilmiştir. Kullanılan çözelti (1/1 [hacim/hacim] oranındaki etanol-dietil eter karışımı), numune miktarı (5 g) indikatör (birkaç damla % 1 lik fenolftalein) ve titrasyon çözeltisinin (0,1N etanollü KOH) kimyasal özellikler dikkate alınarak matematiksel işlemler sonucu palm yağı örneklerinin serbest yağ asitliği hesaplanmıştır.(Anonim 1987).

3.3.4. Asit Sayısı Tayini (AS)

Asit sayısı, stabil koşullar içerisinde 1 g reçineyi nötralize etmek için ihtiyaç duyulan miligram cinsinden potasyum hidroksit değeridir. Bir başka deyişle, yağın kullanılabilir olup olmadığını söyleyen göstergedir. Asit sayısı, sıvı yağın alkollü bir ortam içerisinde potasyum, hidroksit/sodyum hidroksit çözeltisine doğrudan titre edilmesi sonucunda belirlenir. Antioksidanların tükenmesi nedeniyle, yağlarda gerçekleşen asit oluşumunun izlemesi konusunda büyük bir fayda sağlar.

Asitlik sayısının belirlenmesi için serbest yağ asitleri tayini işlem basamakları aynen uygulanır. Eşitlik (1)'de verildiği gibi asit sayısı hesaplanır.

1 N potasyum hidroksit çözeltisinin 1 ml'si 56,1 mg potasyum hidroksiti karşıladığı için,

$$Asit Sayısı = \frac{V \times C \times 5.61mg KOH/g}{m} \quad (1)$$

V= Kullanılan N potasyum hidroksit çözeltisinin hacmi, ml

c= Ayarlı sodyum veya potasyum hidroksit çözeltilerinin konsantrasyonu

m= Deney numunesinin ağırlığı, g'dır

3.3.5. Peroksit Sayısı Tayini (PS)

Peroksit sayısı (PS) tayini, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının göstergesi olup, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin milieşdeğer gram olarak miktarıdır. Yağdaki peroksit sayısı yağın bozulma derecesi ve daha ne kadar saklanabileceği hakkında fikir verir. Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin milieşdeğer gram olarak miktarıdır. Peroksit sayısı ile yağlarda otoksidasyonun birincil ürünü olan hidroperoksit ve epi-peroksitler tespit edilmektedir. Çalışmada kullanılan palm yağı örneklerinin peroksit sayısının belirlenmesinde titrimetrik esaslı metot uygulanmıştır. Analiz uygulamalar sonucu palm yağında serbest hale geçen iyodun, 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile hızlı bir şekilde karıştırılarak titre edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Kullanılan çözeltiler (10 ml kloroform +15 ml asetik asit ve 1ml doymuş iyod çözeltisi), numune miktarı (5g) indikatör (1 ml % 10'luk nişasta) ve titrasyon çözeltisinin (0,1N Sodyum tiyosülfat) kimyasal özellikler dikkate alınarak verilen matematiksel işlemler sonucu palm yağı örneklerinin PS hesaplanmıştır. (Numune palm yağlarının PS sonuçları meq O₂/ kg.yağ olarak verilmiştir (Anonim 1987).

3.3.6 Renk Analizi

Palm yağına ait örneklerin renk değerleri bitkisel yağ endüstrisinde renk tayininde yaygın olarak kullanılan Lovibond Tintometresi (Lovibond PPX880Salisbury, İngiltere) yardımıyla yapılmıştır (Fengxia vd. 2001). Bu analizler Çiftçiler Yağ fabrikasında (Afyonkarahisar) gerçekleştirilmiştir. Cihazda renkler belirlenirken 1 inch (2,54 cm) lik ölçüm hücresi kullanılmıştır. Önce kör ölçümü yapılmış olup, palm yağı örneği cihazın içine yerleştirildikten sonra numunelerin renk değerleri tespit edilmiştir. Lovibond tintometresinde, üç farklı temel renk (temel renkler kırmızı [R], sarı [Y] ve mavi [B]) tespit edilmektedir. Cihazdan renk değerleri okunur. En düşük okunan değer matlık değeri olarak kabul edilmekte ve diğer değerlerden düşülerek numunenin rengi belirlenmektedir.

3.3.7.UV de Özgül Absorbans Ölçümü

Bu çalışmada palm yağlarında UV özgül absorbans analizleri, naturel zeytinyağları için Avrupa Birliği EC Regulation no: 2568 ve TGK Tebliğ No. 2014/53' te verilen

spektrofotometrik yöntemle göre gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2014). UV’de soğrulan K_{232} değeri sıvı yağlarda birincil oksidasyonu (peroksitlerin) varlığı belirler iken, K_{270} değeri ikincil oksidasyonu ve yağdaki aldehit ve keton gibi bileşiklerin varlığını göstermektedir. Analizler için 0,25 g civarında palm yağı örneği tartılmış ve 25 ml. balon joje içinde siklohegzanda çözündürölmüştür. Numune okumaları 1 cm’lik bir kuvartz küvet içinde, Shimadzu UV1800 model (Japonya) spektrofotometre cihazı yardımıyla 232 ve 270 nm’de siklohegzana karşı (kör olarak) yapılmıştır. Absorbans sonuçları matamatiksel işlemler yardımı ile hesaplanmıştır (Anonim, 2014)



Şekil 3.3. Shimadzu UV-1800 spektrofotometresi

3.3.8. Yağ Asitleri Metil Esterlerinin Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi Yöntemi ile Belirlenmesi

Yağ örneklerinin hazırlanması ve metilasyonu: Palm yağı örneklerine ait yağlardan 0,2 g alınır 20 mL’lik ağzı kapaklı cam tüpe tartılır. Üzerine 10 mL n-heptan eklenir. Kapak kapatılarak kuvvetlice çalkalanır (vortekslenir). Üzerine 0,5 mL 2M metanollü potasyum hidroksit çözeltisi eklenir. Tekrar kapak kapatılarak kuvvetlice çalkalanır. Üst faz berraklaşana kadar beklenir (1-2 saat). Üst fazdan 1-1,5 mL vialle alınır ve ’ye enjekte edilir (Anonymous, 1992, IUPAC Methods 2.301 ve 2.302).

Yağ Asitleri Metil Esterleri Analizi için Gaz Kromatografisi Çalışma Şartları: Gaz Kromatografisi cihazı (Agilent 7890A) ve buna bağlı olarak Alev İyonizasyon Dedektörü (FID), Kolon:Agilent DB23 kapiler kolon (uzunluk: 60 m., iç çap: 0.25 µm , film kalınlığı: 0,15 µm) , Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, Fırın programı. 5°C/dk artışla son sıcaklık 200°C olmuştur, Dedektör sıcaklığı: 250°C, Taşıyıcı gaz akışı hidrojen 20 ml/dk ve yüksek saflıkta kuru hava gazı 300 ml/dk, Split oranı 1:80, enjeksiyon miktarı 1µL, Yağ Asitleri Metil Esterleri alıkonma zamanı için süre en az 35 dk olmuştur.

Yağ asitlerinin teşhisinde, standart olarak bütirik asitten başlayıp (C 4:0) nervonik asit'e (24:1) kadar içerisinde trans yağ asitlerinin de bulunduğu 37 yağ asidinin metil esterleri karışımı (Sigma-Aldrich Chemicals 189-19) kullanılmıştır. Yağ asitleri metil esterlerinin kromatogramları ve toplam yağ asitleri miktarları bilgisayarda HP 3365 Chemstation bilgisayar programı ile elde edilmiştir. Analiz edilen örneklerin kromatogramındaki pikler, standarttaki bütün yağ asitlerinin metil esterlerinin alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak teşhis edilmiştir. Sonuçlar kalitatif değer olarak % yağ asidi üzerinden verilmiştir.

Tüm palm yağı (kontrol ve uçucu yağ ilave edilmiş ön kızartma işlemlerinde kullanılan) örneklerinde beslenme fizyolojisi açısından önen taşıyan omega 3 (linolenik, LN) ve omega 6 (linoleik, LO) yağ asitlerinin miktarı (mg / 100g. palm yağı) ilgili kromatogramdaki piklere ait alanların hesaplanması ile tespit edilmiştir. Yağ örneklerinin omega 3 ve 6 yağ asitleri miktarı için, standardın (LO ve LN) hesaplama kalibrasyon eğrisi ($R^2 = 0,99$) kullanılmış olup, sonuçlar mg/ 100 g.yağ olarak ifade edilmiştir. Ayrıca yağ asidi profiline göre formül ile belirlenen diğer parametreler olarak İyot sayısı (Kamal-Eldin, 2006) Teorik Oksidatif stabilite [TOSİ] (Chu ve Kung, 1998), Oksitlenebilirlik [Cox] (Kharaz, vd., 2012) ve Oksidatif Duyarlılık [Ox Suc] (Cert 1986) incelenmiştir. Yağ asidi profiline dayalı olarak hesaplanan bazı parametrelere ilişkin formüller sırası ile verilmiştir.

$$\text{İyod sayısı} = (\% \text{ MUFA} \times 0,860 + \% \text{ Linoleik} \times 1,732 + \text{Linolenik} \times 2,616)$$

$$\text{TOSİ (saat)} = 7,5125 + \% \text{Palmitik} \times (0,2733) + \% \text{Stearik} \times (0,0797) + \% \text{Oleik} \times (0,0159) + \% \text{Linoleik} \times (-0,1141) + \% \text{Linolenik} \times (-0,3962).$$

$$\text{Oksitlenebilirlik (Cox)} = \{ [1 \times (\% \text{Oleik asit}) + 10,3 \times (\% \text{ Linoleik}) + 21,6 \times (\% \text{Linolenik})] \} / 100$$

Oksidatif Duyarlılık (Ox Suc)= MUFA + (45 x Linoleik) + (100 x Linolenik)

Elde edilen kromatogramlardan bazı majör/minor (Palmitik [PAM], Oleik [OLA], Miristik [M], Stearik [SA], Linoleik [LO], Linolenik [LN]) yağ asitleri ; bunlara ilişkin verilen ana yağ asidi toplam değerleri (SFA [doymuş yağ asitleri], MUFA [Tekli Doymamış yağ asitleri], PUFA [Çoklu Doymamış yağ asitleri] ile birlikte yağ asitlerine dayalı olarak aşağıda verilen parametreler hesaplanmıştır. PUFA/ SFA (P-S), MUFA/PUFA (M-P), OLA/LO (O-L), PAM/LO (P-L), LO/LN (L-LN), IV (IV), Ox Suc (OS) , Cox (Cox), TOSI (TOSI).

3.3.9.Farklı Oranlarda Uçucu Yağ İlave Edilmiş ve Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış Palm Yağı Örnekleri İçin Yağ Asidi Profiline Göre Kemometrik Değerlendirme

Çeşitli oranlarda uçucu yağ ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağı örneklerinin yağlarında gerçekleştirilen lipid profili (cis yağ asidi bileşenleri) analiz sonuçlarına dayalı olarak; palm yağlarının karakterizasyonu ve sınıflandırılması için geçerli kemometrik (çoklu veri analizleri) yöntemler kullanılmıştır. Karakterizasyon ve sınıflandırma için PCA [Temel Bileşen] analizi (Ward Method) uygulanmış olup, analizler JMP11 (2014) programında Student testi (SAS Institute, ISBN:978-1-62959-560-3)yardımıyla anlamlılık ($p < 0,05$) düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Karakterizasyonda kullanılan analiz bulgularına ilişkin olarak Pearson korelasyon katsayıları (r) da belirlenmiştir. Ön kızartma işleminde kullanılmış tüm palm yağı örneklerine ait lipid profili bileşenleri arasında var olan ilişkiler; cis yağ asitleri bileşenleri dayalı olarak PCA ve biplot analizlerine göre karakterize edilip, sınıflandırılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmamızda 27 adet uçucu yağ ilavesi bulunan yağ numunesi 1 adet kontrol (ham palm yağı) numunesi bulunmaktadır.

4.1. Ön kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Toplam Polar Madde Sonuçları

Ham yağ ve uçucu yağ ilave edilen yağ numunelerinin kızartma şartlarının kontrolü için, bir ısıtma işlem göstergesi olarak tüm örneklerinin ön kızartma uygulaması sonunda polar madde sonuçları kayıt edilmiştir. Uçucu yağ ilave edilmeden önce ham yağın toplam polar maddesi (TPM) ölçümü % 8,0'dır. Ön kızartma işleminde kullanılan her bir palm yağ örneğinin polar madde ölçümü % 25 değerini ulaşana kadar gerçekleştirilen ön kızartma deneme sayıları ve ölçülen değerler aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.1). Ön kızartma işleminde, tüm uygulamaların 3. denemesi, 8.denemesi ve son denemesine (% 25 PM ulaşılmasına göre) ait palm yağ numuneleri alınarak SYA, Asit Sayısı, Peroksit Sayısı, Lovibond Renk Analizi, Refraktif İndeks, UV 'de Soğurulan Özgül Absorbans (K232 nm ve K270 nm) analizleri için kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Kontrol numunesi ile yapılan kızartma sonrası polar madde ölçüm sonuçları (%)

1.	11,5±0,00
2.	13,0±0,00
3.	14,0±0,00
4.	14,0±0,00
5.	14,5±0,00
6.	14,5±0,00
7.	16,0±0,00
8.	17,0±0,00
9.	18,0±0,00
10.	19,5±0,00
11.	21,5±0,00
12.	23,5±0,00
13.	25,0±0,00

İçerisine uçucu yağlar eklenmemiş Kontrol palm yağı örneğinde TPM değişimi başlangıçtan itibaren % 11,50 (1. Kızartma) ile % 25 (13. Kızartma) arasında bulunmuştur. Kontrol palm yağı örneğinde aynı yağ ile 13 kez kızartma yapılabilmiştir (Çizelge 4.1)

Çizelge 4.2. Biberiye Uçucu yağı ilavesi İle Palm yağında Toplam Polar Madde Değişimi Ölçüm Sonuçları %

	% 0,25	% 0,50	% 1,00
1.	10,0±0,00	9,5±0,00	9,0±0,00
2.	11,0±0,00	10,0±0,00	9,5±0,00
3.	12,5±0,00	10,5±0,00	10,0±0,00
4.	13,0±0,00	11,0±0,00	10,5±0,00
5.	13,0±0,00	12,0±0,00	11,0±0,00
6.	14,0±0,00	12,5±0,00	11,5±0,00
7.	16,5±0,00	14,0±0,00	13,0±0,00
8.	17,5±0,00	16,0±0,00	13,0±0,00
9.	17,5±0,00	18,0±0,00	14,5±0,00
10.	19,0±0,00	18,5±0,00	16,0±0,00
11.	20,0±0,00	19,0±0,00	16,5±0,00
12.	21,0±0,00	20,0±0,00	17,0±0,00
13.	22,5±0,00	21,0±0,00	18,0±0,00
14.	25,0±0,00	22,0±0,00	19,5±0,00
15.		23,0±0,00	19,5±0,00
16.		25,5±0,00	20,0±0,00
17.			21,5±0,00
18.			22,5±0,00
19.			25,0±0,00

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi üç farklı düzeyde Biberiye Uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerinde ön kızartma sonucunda TPM değişimi uçucu yağ ilave seviyelerine göre farklı olmuştur. % 0,25 ilaveli örnekler 14 kez, % 0,50 ilaveli örnekler 16 kez ve % 1,00 ilaveli örnekler 19 defa ön kızartmada kullanılmıştır.

Çizelge 4.3 'de görüldüğü gibi üç farklı düzeyde Kekik Uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerinde ön kızartma sonucunda TPM değişimi uçucu yağ ilave seviyelerine göre farklı olmuştur. % 0,25 ilaveli örnekler 13 kez, % 0,50 ilaveli örnekler 16 kez ve %1,00 ilaveli örnekler 17 defa ön kızartmada kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Kekik Uçucu yağı ilavesi İle Palm yağında Toplam Polar Madde Değişimi Ölçüm Sonuçları %

	% 0,25	% 0,50	% 1,00
1.	9,0±0,00	9,0±0,00	8,5±0,00
2.	11,0±0,00	12,5±0,00	8,5±0,00
3.	12,5±0,00	13,0±0,00	9,5±0,00
4.	13,0±0,00	13,5±0,00	10,0±0,00
5.	14,5±0,00	14,5±0,00	11,5±0,00
6.	15,0±0,00	14,0±0,00	13,5±0,00
7.	17,0±0,00	15,5±0,00	14,0±0,00
8.	19,0±0,00	16,5±0,00	14,5±0,00
9.	20,5±0,00	16,5±0,00	15,5±0,00
10.	21,0±0,00	17,0±0,00	17,5±0,00
11.	22,0±0,00	17,5±0,00	18,0±0,00
12.	23,5±0,00	20,0±0,00	18,5±0,00
13.	25,0±0,00	20,0±0,00	19,5±0,00
14.		22,5±0,00	21,0±0,00
15.		24,0±0,00	22,5±0,00
16.		25,0±0,00	24,0±0,00
17.			25,5±0,00

Çizelge 4.4 'de görüldüğü gibi üç farklı düzeyde Nane Uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerinde ön kızartma sonucunda TPM değişimi uçucu yağ ilave seviyelerine göre farklı olmuştur. % 0,25 ilaveli örnekler 12 kez,% 0,50 ilaveli örnekler 13 kez ve % 1,00 ilaveli örnekler 15 defa ön kızartmada kullanılmıştır.

Çizelge 4.4. Nane Uçucu yağı ilavesi İle Palm yağında Toplam Polar Madde Değişimi Ölçüm Sonuçları %

	% 0,25	% 0,50	% 1,00
1.	9,5±0,00	9,0±0,00	9,5±0,00
2.	10,5±0,00	11,0±0,00	11,0±0,00
3.	11,0±0,00	12,0±0,00	12,5±0,00
4.	12,5±0,00	13,0±0,00	13,5±0,00
5.	13,0±0,00	15,0±0,00	13,5±0,00
6.	13,5±0,00	16,5±0,00	15,0±0,00
7.	14,5±0,00	18,5±0,00	16,5±0,00
8.	16,0±0,00	18,5±0,00	17,5±0,00
9.	18,0±0,00	19,5±0,00	17,5±0,00
10.	19,5±0,00	20,5±0,00	18,5±0,00
11.	22,5±0,00	22,0±0,00	20,5±0,00
12.	25,0±0,00	23,0±0,00	21,5±0,00
13.		24,5±0,00	23,0±0,00
14.			24,5±0,00
15.			25,5±0,00

4.2. Ön kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Miktarı (SYA), Peroksit Sayısı (PS) ve Renk Analizi Değerleri Değişimi Sonuçları

Bu çalışmada incelenen kontrol ve değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait SYA, Asit Sayısı, PS ve Lovibond Renk Skalası (LRS) Analiz Sonuçları Çizelge 4.5’te topluca verilmiştir.

Çizelge 4.5.Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait SYA, Asit Sayısı, PS ve Lovibond Renk Analiz Sonuçları

		ASİT (% oleik asit)	PEROKSİT meq O ₂ /kg yağ	ASİT SAYISI mg KOH/g yağ	LOVİBOND RENK	
					K (Kırmızı)	S (Sarı)
KONTROL		0,13	3,18	1,3	2,4	7,6
KONTROL - SON		0,50	54,23	5,0	2,1	20
BİBERİYE						
% 0,25	3	0,53	6,68	5,3	1,2	6
	8	0,80	8,29	8,0	3,6	16
	14*	0,63	11,35	6,3	2,2	14
% 0,50	3	0,83	13,49	8,3	2,2	14
	8	0,81	17,61	8,1	2,5	14
	16*	0,88	18,6	8,8	3,1	20
% 1,00	3	0,70	10,13	7,0	2,1	14
	8	0,78	15,65	7,8	2,4	15
	19*	0,75	18,40	7,5	2,4	7,6
KEKİK						
% 0,25	3	0,47	13,68	4,7	0,9	4
	8	0,43	15,96	4,3	0,9	4,2
	13*	0,86	21,57	8,6	0,9	4,6
% 0,50	3	0,18	14,41	1,8	1,3	5,5
	8	0,68	15,87	6,8	1,7	6,7
	16*	0,54	6,83	5,4	2,4	20
% 1,00	3	0,36	7,93	3,6	1,1	4,4
	8	0,47	18,75	4,7	1,3	6,5
	17*	0,60	11,37	6,0	2,5	21
NANE						
% 0,25	3	0,27	12,56	2,7	1,4	8,6
	8	0,54	15,69	5,4	1,6	11
	12*	0,48	17,18	4,8	1,3	8,4
% 0,50	3	0,46	8,27	4,6	1,3	9,8
	8	0,46	18,97	4,6	1,5	9,8
	13*	0,55	19,23	5,5	1,6	11
% 1,00	3	0,89	14,87	8,9	1,5	8,1
	8	0,69	17,03	6,9	1	4,8
	15*	0,85	21,47	8,5	1,7	11

(* ile işaretli olanlar değişik oranlarda ilave edilen kızartma yağlarının TPM değişimine göre yapılan son kızartmaların sayısıdır.)

Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Serbest Yağ Asidi (SYA) Miktarı ve Asit Sayısı Değerleri: Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol palm örneğinin serbest yağ asidi miktarı (SYA) başlangıç değeri olarak % 0,13 oleik asit olmuş, son değer (13. kızartma) % 0,50 oleik asit olmuştur. Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol palm örneğinin asit sayısı (mg KOH/g yağ) başlangıç değeri olarak 1,3, son değer (13. kızartma) 5,0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait SYA değişimleri sırasıyla şöyle tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). % 0,25 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. Ön kızartma işleminde % 0,53 oleik asit olarak tesbit edilmiş olup, 13.(son kızartmada) % 0,63 oleik asit olarak belirlenmiştir. % 0,25 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 5,3 mg KOH/g yağ 3.Ön kızartma işleminde olmuş olup, 13.(son kızartmada) 6,3 mg KOH/g yağ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Çizelge 4.5'ten görüleceği üzere, % 0,50 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. Ön kızartma işleminde % 0,83 oleik asit olmuş olup, 16.(son kızartmada) % 0,88 oleik asit olarak tespit edilmiştir.% 0,50 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 3.Ön kızartma işleminde 8,3 mg KOH/g yağ iken, 16.(son kızartmada) 8,8 mg KOH/g yağ olarak bulunmuştur. % 1,00 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. Ön kızartma işleminde % 0,7 oleik asit olmuş olup, 17.(son kızartmada) % 0,75 oleik asit olarak belirlenmiştir. % 1,00 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 3.Ön kızartma işleminde 7,0 mg KOH/g yağ iken, 17.(son kızartmada) işleminde 7,5 mg KOH/g yağ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).

% 0,25 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. ön kızartma işleminde % 0,47 oleik asit olmuş olup, 14.(son kızartmada) % 0,86 oleik asit olarak tespit edilmiştir. % 0,25 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 5,3 mg KOH/g yağ (3.Ön kızartma işleminde) kaydedilmiş olup, 14.(son kızartmada) 6,3 mg KOH/g yağ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Çizelge 4.5'te gösterildiği gibi, % 0,50 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. Ön kızartma işleminde % 0,18 oleik asit olarak bulunmuş iken, 16.(son kızartmada) % 0,54 oleik asit olmuştur. % 0,50 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 3.Ön kızartma işleminde 1,8 mg KOH/g yağ olarak tesbit edilmiş olup, 16.(son kızartmada) 5,4 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir.

% 1,00 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. ön kızartma işleminde % 0,36 oleik asit iken, 19.(son kızartmada) % 0,60 oleik asit olarak bulunmuştur. % 1,00 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 3.Ön kızartma işleminde 3,6 mg KOH/g yağ olmuş olup, 19.(son kızartmada) işleminde 6,0 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

% 0,25 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. Ön kızartma işleminde % 0,27 oleik asit olmuş olup, 12.(son kızartmada) % 0,48 oleik asit olarak bulunmuştur. % 0,25 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 2,7mg KOH/g yağ 3.Ön kızartma işleminde bulunmuş iken, 12.(son kızartmada) 4,8 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir. % 0,50 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. Ön kızartma işleminde % 0,46 oleik asit olarak belirlenmiş olup, 13.(son kızartmada) % 0,55 oleik asit olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). İlgili çizelgede verildiği gibi, % 0,50 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 3.Ön kızartma işleminde 4,6 mg KOH/g yağ olmuş olup, 13.(son kızartmada) 5,5 mg KOH/g yağ olarak tespit edilmiştir. % 1,00 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için SYA 3. ön kızartma işleminde % 0,89 oleik asit olarak bulunmuş olup, 15.(son kızartmada) % 0,85 oleik asit olarak kaydedilmiştir. % 1,00 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için Asit Sayısı değeri 3.ön kızartma işleminde 8,9 mg KOH/g yağ olmuş olup, 15.(son kızartmada) işleminde 8,5 mg KOH/g yağ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Peroksit Sayısı (meq O₂/kg.yağ) Değerleri: Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol palm örneğinin PS başlangıç değeri olarak 3,18 meq O₂/, son değer (13. kızartma) 54,3 meq O₂/kg.yağ olarak sonuçlanmıştır (Çizelge 4.5). Değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait Peroksit Sayısı (PS) meq O₂/kg.yağ değişimleri sırasıyla şöyle bulunmuştur. (Çizelge 4.5). % 0,25 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 6,68 meq O₂/kg.yağ olarak tesbit edilmiş iken, 14.(son kızartmada) 11,35 meq O₂/kg.yağ olarak bulunmuştur. % 0,50 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 13,49 meq O₂/kg.yağ olarak bulunmuş olup, 16.(son kızartmada)18,6 meq O₂/kg.yağ olarak belirlenmiştir. % 1,00 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 10,13 meq O₂/kg.yağ olarak tesbit edilmiş olup, 19.(son kızartmada) 18,4 meq O₂/kg.yağ olarak bulunmuştur.

% 0,25 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 13,68 meq O₂/kg.yağ olmuş olup, 13.(son kızartmada) 21,57 meq O₂/kg.yağ olarak kaydedilmiştir. % 0,50 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 14,41 meq O₂/kg.yağ olmuş iken, 16.(son kızartmada) 6,83meq O₂/kg.yağ olarak tespit edilmiştir. % 1,00 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 7,93 meq O₂/kg.yağ olmuş olup, 17.(son kızartmada) 10,58 meq O₂/kg.yağ olarak bulunmuştur. % 0,25 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 12,56 meq O₂/kg.yağ olarak tesbit edilmiş iken, 12.(son kızartmada) 17,18 meq O₂/kg.yağ olarak belirlenmiştir. % 0,50 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 8,27 meq O₂/kg.yağ olarak belirlenmiş olup, 13.(son kızartmada) 19,23 meq O₂/kg.yağ olarak bulunmuştur. % 1,00 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için PS 3. ön kızartma işleminde 14,87 meq O₂/kg.yağ olarak kaydedilmiş iken, 15.(son kızartmada) 21,47 meq O₂/kg.yağ olarak belirlenmiştir.

Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Lovibond Renk Skalası Değerleri: Çizelge 4.5 incelendiğinde ön kızartma işleminde kullanılan kontrol palm (olein -stearin) yağı örneğine ait Lovibond renk skalası (LRS) analiz sonuçları değişiminin başlangıçta 2,4 (kırmızılık) – 7,6 (sarılık) olduğu 13. kızartma sonunda ise 2,1 (kırmızılık) – 20 (sarılık) değerine ulaştığı görülmektedir. Ön kızartma işleminde kullanılan değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait Lovibond Renk (LRS) Analiz Sonuçları değişimi 0,9 kırmızı (Kekik ilaveli) – 21 sarı (kekik ilaveli) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). % 0,25 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS 3. ön kızartma işleminde 1,2 (K) – 6 (S) iken 14. kızartmada 2,2 (K) – 14 (S) olarak bulunmuştur. % 0,50 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS değerlerinin değişimi. Ön kızartma işleminde 2,2 (K) – 14 (S) olarak bulunmuş iken son (16.) kızartma bu değerler 3,1 (K) – 20 (S) olmuştur. %1,00 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS 3. ön kızartma işleminde 2,1 (K) – 14 (K) olmuş olup, 19.(son kızartmada) 13,1 (K) – 20 (S) olarak tespit edilmiştir. % 0,25 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS 3. ön kızartma işleminde 0,9 (K) – 4 (S) iken 13. kızartmada 0,9(K) – 4,6 (S) olarak bulunmuştur. % 0,50 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS değerler değişimi 3. ön kızartma işleminde 1,3 (K) – 5,5 (S) olarak kaydedilmiş olup, 16.(son kızartmada) 2,4 (K) – 20 (S) olarak belirlenmiştir.% 1,00 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS bulguları 3. ön kızartma işleminde 1,1

(K) – 8,6 (S) olmuş iken, 17.(son kızartmada) 2,5 (K) – 21 (S) olarak bulunmuştur. % 0,25 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS 3. ön kızartma işleminde 1,4 (K) – 8,6 (S) olarak belirlenmiş olup, 12.(son kızartmada) 1,3 (K) – 8,4 (S) olarak bulunmuştur. % 0,50 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için LRS değeri 3. ön kızartma işleminde 1,3 (K) – 9,8 (S) tespit edilmiş olup, 13.(son kızartmada) 1,6 (K) – 11 (S) kaydedilmiştir. % 1,00 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için 3. ön kızartma işleminde 1,5 (K) – 8,3(S) arasında belirlenmiş olup, 15.(son kızartmada) 1,7 (K) – 11 (S) olarak bulunmuştur.

4.3. Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Refraktif İndeks

Sonuçları

Kontrol numunesinin ham haline ait değerler refraktif indisi (RI) değerleri 1,467215 nD olarak sonuçlanmıştır. Kontrol numunesinin son kızartma sonrasına (13.kızartma) ait değer 1,46157 nD'dir. Uçucu yağ ilavesi sonrası kızartılan yağlara ait RI sonuçları Çizelge 4.6'da verildiği gibidir.

% 0,25 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. ön kızartma işleminde 1,46774 nD iken, 14.(son kızartmada) 1,46774 nD olarak bulunmuştur. % 0,50 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. ön kızartma işleminde 1,46759 nD olarak bulunmuş olup, 16.(son kızartmada) 1,46771 nD olarak belirlenmiştir. % 1,00 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. ön kızartma işleminde 1,46731 nD olmuş olup, 19.(son kızartmada) 1,46630 nD olarak tespit edilmiştir.

% 0,25 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. ön kızartma işleminde 1,46913 nD olmuş iken, 13.(son kızartmada) 1,46909 nD olarak bulunmuştur. % 0,50 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. ön kızartma işleminde 1,46896 nD kaydedilmiş olup, 16.(son kızartmada) 1,46664 nD olarak belirlenmiştir. % 1,00 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3.ön kızartma işleminde 1,46703 nD olmuş iken, 17.(son kızartmada) 1,46787 nD olarak bulunmuştur.

% 0,25 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. Ön kızartma işleminde 1,47307 nD olarak belirlenmiş olup, 12.(son kızartmada) 1,47307 nD olarak

bulunmuştur. % 0,50 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. ön kızartma işleminde 1,47269 nD tespit edilmiş olup, 13.(son kızartmada) 1,47473 nD olarak kaydedilmiştir. % 1,00 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için refraktif indisi 3. ön kızartma işleminde 1,46935 nD belirlenmiş olup, 15.(son kızartmada) 1,47015 nD olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait analiz refraktif indisi değerleri sonuçları

REFRAKTİF İNDİSİ						
Ham Palm yağı		1,46722				
Kontrol 13		1,46157				
	BİBERİYE		NANE		KEKİK	
% 0,25	3	1,46774	3	1,47307	3	1,46913
	8	1,47255	8	1,46753	8	1,46842
	14*	1,46774	12*	1,47307	13*	1,46909
% 0,50	3	1,46759	3	1,47269	3	1,46896
	8	1,46756	8	1,47270	8	1,46732
	16*	1,46771	13*	1,47473	16*	1,46664
% 1,00	3	1,46731	3	1,46935	3	1,46703
	8	1,46728	8	1,46855	8	1,46712
	19*	1,46630	15*	1,47015	17*	1,46787

(* ile işaretli olanlar değişik oranlarda ilave edilen kızartma yağlarının TPM değişimine göre yapılan son kızartmaların sayısıdır.)

4.4. Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin UV’de Özgül Absorbans Ölçümü

Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait UV’de (K_{232} ve K_{270} nm) Özgül Absorbans Ölçümü değerleri değişimi Çizelge 4.7’de topluca verilmiştir. Kontrol palm yağı numunesinin ham haline ait UV’de soğurulan değerler 3,427(K_{232})- 0,995 (K_{270}) olarak sonuçlanmıştır. Kontrol numunesinin son kızartma sonrasına(13.kızartma) ait değer 3,430 (K_{232})- 1,750 (K_{270}) olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.7. Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda biberiye-kekik-nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait UV’de (K₂₃₂ ve K₂₇₀ nm) Özgül Absorbans Ölçümü değerleri

Kontrol Ham				232 nm: 3,427 270 nm: 0,995					
Kontrol 13				232 nm: 3,430 270 nm: 1,750					
BİBERİYE				KEKİK				NANE	
	232 nm	270 nm		232 nm	270 nm		232 nm	270 nm	
% 0,25	3	3,352	1,465	3	3,780	1,675	3	3,471	2,591
	8	3,567	1,963	8	4,219	2,026	8	4,420	1,429
	14*	3,436	1,995	13*	3,990	1,849	12*	2,052	0.494
% 0,50	3	4,002	1,773	3	3,979	1,763	3	3,881	1,820
	8	4,327	2,155	8	3,731	2,152	8	4,107	0,864
	16*	3,392	2,319	16*	3,379	1,923	13*	3,018	2,263
% 1,00	3	4,258	1,096	3	2,676	1,415	3	3,692	2,504
	8	4,037	1,603	8	3,216	2,244	8	3,541	1,820
	19*	3,699	2,178	17*	3,755	1,809	15*	3,868	1,921

(* ile işaretli olanlar değişik oranlarda ilave edilen kızartma yağlarının TPM değişimine göre yapılan son kızartmaların sayısıdır.)

Uçucu yağ ilavesi sonrası ön kızartılan palm yağlarına ait sonuçlar Çizelge 4.7’de topluca verilmiştir. % 0,25 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbans değerleri 3. ön kızartma işleminde 3,352(K₂₃₂)- 1,465(K₂₇₀) olmuş olup, 14.(son kızartmada) 3,436(K₂₃₂)- 1,995(K₂₇₀) olarak belirlenmiştir. % 0,50 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbans değerleri 3. ön kızartma işleminde 4,002(K₂₃₂)- 1,773 (K₂₇₀) olarak belirlenmiş olmuş olup, 16.(son kızartmada) 3,392(K₂₃₂) - 2,319 (K₂₇₀) olarak bulunmuştur. % 1,00 Biberiye uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbans değerleri 3. ön kızartma işleminde 4,258 (K₂₃₂) – 1,096 (K₂₇₀) olarak kaydedilmiş olup, 19.(son kızartmada) 3,699(K₂₃₂) - 2,178(K₂₇₀) olarak belirlenmiştir.

% 0,25 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbens değerleri 3. ön kızartma işleminde 3,780(K₂₃₂)- 1,675(K₂₇₀) olarak bulunmuş olup, 13.(son kızartmada) 3,990(K₂₃₂)- 1,849(K₂₇₀) olarak tesbit edilmiştir. % 0,50 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbens değerleri 3. ön kızartma işleminde 3,979(K₂₃₂)- 1,763(K₂₇₀) olmuş olup, 16.(son kızartmada) 3,379 (K₂₃₂)- 1,923(K₂₇₀) olarak belirlenmiştir. % 1,00 Kekik uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbens değerleri 3. ön kızartma işleminde 2,676(K₂₃₂)- 1,415(K₂₇₀) olarak bulunmuş olup, 17.(son kızartmada) 3,755(K₂₃₂)- 1,809(K₂₇₀) olarak tespit edilmiştir.

% 0,25 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbens değerleri 3. ön kızartma işleminde 3,471(K₂₃₂)- 2,591(K₂₇₀) olarak belirlenmiş iken, 12.(son kızartmada) 2,052(K₂₃₂)- 0,494(K₂₇₀) olarak bulunmuştur. % 0,50 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbens değerleri 3. Ön kızartma işleminde 3,881(K₂₃₂)- 1,820(K₂₇₀) olmuş olup, 13.(son kızartmada) 3,018(K₂₃₂)- 2,263(K₂₇₀) olarak bulunmuştur. % 1,00 Nane uçucu yağ ilave edilmiş palm yağ örnekleri için absorbens değerleri 3. Ön kızartma işleminde 3,692(K₂₃₂)- 2,504(K₂₇₀) tespit edilmiş iken, 15.(son kızartmada) 3,868(K₂₃₂)- 1,921(K₂₇₀) olarak bulunmuştur.

4.5. Ön Kızartma İşleminde Kullanılan Palm Yağı Örneklerinin Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi ile Yağ Asitleri Profili Analizi

Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik (% 0,25, 0,50 ve 1,00) oranlarda biberiye,-kekik- ve nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait kapiler kolon gaz kromatografisi majör ve minör yağ asidi bileşenlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Çizelge 4. 9'da yağ asidi değerlerine bağlı olarak hesaplanan bazı parametreler verilmiştir. Araştırmada analiz edilen ön kızartma işlemlerinde kullanılmış kontrol ve uçucu yağ ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait dört adet yağ asidi kromatogramı Şekil 4.1 'de ve Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.8'de verildiği gibi Kontrol palm yağı örneğinde ön kızartma işlemi öncesi ve ısıtma işlem sonrası (13. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (46,55 – 48,42) , oleik (OLA) (36,55- 36,32) , linoleik (LO) (10,54 - 8,52), stearik (S) (3,64 - 3,89) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,20 -0,11) , miristik (MR) (1,15 -1,18) ve

laurik (LAU) (0,43 0,42) olmuştur. Çizelge 4.9 ‘da kontrol palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) değişimi sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (52.40 – 54.57), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (36,81 – 36.58) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (10.74 – 8.63) belirlenmiştir.

Çizelge 4.8’de verildiği gibi,% 0,25 biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (14. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (49,27) , oleik (OLA) (31,53), linoleik (LO) (10,48), stearik (S) (3,68) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,10) , miristik (MR) (1,63) ve Laurik (LAU) (1,44) olmuştur. Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (56,97), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (32,07) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (10,59) olarak tespit edilmiştir.

% 0,50 biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(16. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (45,34) , oleik (OLA) (35,25) , linoleik (LO) (11,56), stearik (S) (4,09) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,16) , miristik (MR) (1,63) ve Laurik (LAU) (1,27) olmuştur (Çizelge 4.8). Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (52,32), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (35,69) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (11,72) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8’de gösterildiği üzere, % 1,00 biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(19. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (47,91) , oleik (OLA) (33,91) , linoleik (LO) (8,15), stearik (S) (4,33) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,09), miristik (MR) (1,77) ve laurik (LAU) (2,20) olmuştur. Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (57,00), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (34,23) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (8,25) olarak bulunmuştur.

% 0,25 kekik uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (13. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (46,89) , oleik (OLA) (35,46) , linoleik (LO) (9,89), stearik (S) (3,59) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,14) , miristik (MR) (1,42) ve laurik (LAU) (1,19) olmuştur (Çizelge 4.8).Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ

Asitleri) (53,81), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (35,85) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (10,03) olarak tespit edilmiştir

% 0,50 kekik uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (16. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (47,91), oleik (OLA) (33,91) , linoleik (LO) (8,15), stearik (S) (4,33) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,09) , miristik (MR) (1,77) ve laurik (LAU) (2,20) olmuştur (Çizelge 4.8). Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (57,00), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (34,23) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (8,25) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8’de gösterildiği gibi, % 1,00 kekik uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (17. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (46,78) , oleik (OLA) (35,08) , linoleik (LO) (8,41), stearik (S) (4,16) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,10) , miristik (MR) (1,68) ve laurik (LAU) (2,06) olmuştur. Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (55,41), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (35,57) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (8,52) olarak bulunmuştur.

% 0,25 nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (12. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (44,95), oleik (OLA) (34,39) , linoleik (LO) (8,72), stearik (S) (8,20) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,10) , miristik (MR) (1,25) ve laurik (LAU) (0,82) olmuştur (Çizelge 4.8). Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (51,16), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (34,80) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (8,82) olarak tespit edilmiştir.

% 0,50 nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (13. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (43,95) , oleik (OLA) (35,84) , linoleik (LO) (8,08), stearik (S) (7,37) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,11) , miristik (MR) (1,37) ve laurik (LAU) (1,22) olmuştur (Çizelge 4.8). Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (55,02), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (36,32) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (8,19) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8’de gösterildiği üzere, % 1,00 nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (15. ön kızartma) majör (%) yağ asitleri değişimi sırasıyla palmitik (PAM) (53,36) , oleik (OLA) (33,63) , linoleik (LO) (5,07), stearik (S) (4,09) ve minör yağ asitlerinden linolenik (LN) (0,05) , miristik (MR) (1,46) ve laurik (LAU) (0,58) olmuştur. Çizelge 4.9 ‘da ilgili palm yağı örneğine ait ana yağ asidi bileşenleri (%) sırasıyla SFA (Doymuş Yağ Asitleri) (60,41), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri) (34,17) ve PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri) (5,12) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.9 ’de verildiği gibi farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (biberiye, kekik ve nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarında majör ve minör yağ bileşenlerine göre hesaplanmış bazı parametrelerin değişimleri topluca gösterilmiştir.

Kontrol palm yağı örneğinde ön kızartma işlemi öncesi ve ısıl işlem sonrası (13. ön kızartma) hesap ile bulunan parametre değişimleri sırasıyla verilmiştir: PUFA /SFA (P-S) 0,2 – 0,16, MUFA/ PUFA (M-P) 3,43 – 4,24, OLA/LO (O-L) 3,47 – 4,26, PAM/LO (P-L) 4,42 – 5,68, LO/LN (L-LN) 52,19 – 75,64, İyod sayısı (IV) 52,65 – 48,67, Ox Suc (OS) [oksidatif duyarlılık] 531,24 – 431,19, Cox (oksidlenebilirlik) 1,5 – 1,27, TOSİ (teorik oksidatif stabilite)19,82 – 20,61 saat (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9’de gösterildiği üzere % 0,25, 0,50 ve 1,00 biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (12 .- 14. ön kızartma) hesap ile bulunan parametre değişim düzeyleri sırasıyla PUFA /SFA (P-S) 0,14 – 0,22, MUFA/ PUFA (M-P) 3,03 – 4,15, OLA/LO (O-L) 3,01 – 4,16, PAM/LO (P-L) 3,92 – 5,88, LO/LN (L-LN) 74,52– 101,64, İyod sayısı (IV) 45,81 – 53,33, Ox Suc (OS) [oksidatif duyarlılık] 494,79 – 410,66 Cox (oksidlenebilirlik) 1,20 – 1,58, TOSİ (teorik oksidatif stabilite)19,41– 20,53 saat arasında olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9’de gösterildiği üzere % 0,25, 0,50 ve 1,00 kekik uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (13 .- 17. ön kızartma) hesap ile bulunan parametre değişimleri sırasıyla PUFA /SFA (P-S) 0,14 – 0,19, MUFA/ PUFA (M-P) 3,57 – 4,18, OLA/LO (O-L) 3,59 – 4,17, PAM/LO (P-L) 4,74 – 5,88, LO/LN (L-LN) 70,70– 101,64, İyod sayısı (IV) 45,81 – 50,48, Ox Suc (OS) [oksidatif duyarlılık] 410,66 – 494,79, Cox (oksidlenebilirlik) 1,20 – 1,40, TOSİ (teorik oksidatif stabilite) 19,99– 20,52 saat arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9’de gösterildiği üzere % 0,25, 0,50 ve 1,00 nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (12.13. ve 15. ön kızartma) hesap ile bulunan parametre değişim genişliği sırasıyla PUFA /SFA (P-S) 0,08 – 0,16, MUFA/ PUFA (M-P) 3,95 – 6,68, OLA/LO (O-L) 3,95 – 6,64, PAM/LO (P-L) 5,16 – 10,53, LO/LN (L-LN) 72,81– 101,39, İyod sayısı (IV) 39,89 – 47,26, Ox Suc (OS) [oksidatif duyarlılık] 267,05 – 437.32, Cox (oksidlenebilirlik) 0,87 – 1,26, TOSİ (teorik oksidatif stabilite) 19,71– 22,36 saat arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9).



Çizelge 4.8. Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarının majör ve minör yağ asidi değişimleri

	C 8:0	C10:0	C12:0	C14:0	Palmitik	Palmitoleik	Marjoleik	Stearik	Oleik	Linoleik	Linolenik	Arasidik	Gadoleik	Behenik	Lignoserik
	CAPRY	CAPC	LAU	MR	PAM	PO	MG	S	O	L	LN	A	G	B	LG
KNT 1.	0,05	0,04	0,43	1,15	46,55	0,12	0,04	3,64	36,55	10,54	0,20	0,35	0,10	0,07	0,03
KNT SON	0,10	0,04	0,42	1,18	48,42	0,25	0,00	3,89	36,32	8,52	0,11	0,00	0,00	0,27	0,19
B % 0,25	0,18	0,14	1,44	1,63	49,27	0,40	0,03	3,68	31,53	10,48	0,10	0,19	0,11	0,64	0,02
B % 0,50	0,13	0,09	0,98	1,27	45,34	0,23	0,04	4,09	35,25	11,56	0,16	0,38	0,17	0,07	0,08
B %1,0	0,27	0,19	2,20	1,77	47,91	0,28	0,00	4,33	33,91	8,15	0,09	0,27	0,05	0,25	0,15
K % 0,25	0,17	0,09	1,19	1,42	46,89	0,29	0,00	3,59	35,46	9,89	0,14	0,27	0,10	0,21	0,15
K %0,50	0,27	0,19	2,20	1,77	47,91	0,28	0,00	4,33	33,91	8,15	0,09	0,27	0,05	0,25	0,15
K % 1,0	0,25	0,18	2,06	1,68	46,78	0,20	0,04	4,16	35,08	8,41	0,10	0,38	0,26	0,13	0,14
N % 0,25	0,16	0,07	0,82	1,25	44,95	0,25	0,05	8,20	34,39	8,72	0,10	0,39	0,12	0,14	0,26
N %0,50	0,25	0,13	1,22	1,37	43,95	0,34	0,06	7,37	35,84	8,08	0,11	0,45	0,08	0,09	0,43
N %1,0	0,18	0,06	0,58	1,46	53,36	0,34	0,06	4,09	33,63	5,07	0,05	0,36	0,15	0,20	0,24

Kısaltmalar: KNT (Kontrol) , B (Biberiye Uçucu Yağı) K (Kekik Uçucu Yağı) ve N (Nane Uçucu Yağı)

Çizelge 4.9. Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarında majör ve minör yağ bileşenlerine göre hesaplanmış bazı parametrelerin değişimleri

	SFA	MUFA	PUFA	PUFA/SFA	MUFA/PUFA	OLA/LO	PAM/LO	LO/LN	IV	Ox Suc	Cox	TOSI TOSI (saat)
	SFA	MUFA	PUFA	P-S	M-P	O-L	P-L	L-LN	IV	OS	Cox	
KNT 1.	52,40	36,81	10,74	0,20	3,43	3,47	4,42	52,19	52,65	531,24	1,5	19,82
KNT SON	54,57	36,58	8,63	0,16	4,24	4,26	5,68	75,64	48,67	431,19	1,27	20,61
B % 0,25	56,97	32,07	10,59	0,19	3,03	3,01	4,70	101,64	48,04	514,14	1,42	20,53
B % 0,50	52,32	35,69	11,72	0,22	3,05	3,05	3,92	74,52	53,33	571,62	1,58	19,41
B % 1,0	57,00	34,23	8,25	0,14	4,15	4,16	5,88	85,92	45,81	410,66	1,2	20,52
K % 0,25	53,81	35,85	10,03	0,19	3,57	3,59	4,74	70,70	50,48	494,79	1,4	19,99
K % 0,50	57,00	34,23	8,25	0,14	4,15	4,16	5,88	85,92	45,81	410,66	1,2	20,52
K % 1,0	55,41	35,57	8,52	0,15	4,18	4,17	5,56	80,47	47,29	424,64	1,24	20,18
N % 0,25	56,11	34,80	8,82	0,16	3,95	3,95	5,16	84,95	47,26	437,32	1,26	19,96
N % 0,50	55,02	36,32	8,19	0,15	4,43	4,44	5,44	72,81	47,52	411,03	1,22	19,71
N % 1,0	60,41	34,17	5,12	0,08	6,68	6,64	10,53	103,39	39,89	267,05	0,87	22,36

Kısaltmalar: KNT (Kontrol) , B (Biberiye Uçucu yağı) K (Kekik Uçucu Yağı) ve N (Nane Uçucu Yağı)

SFA (Doymuş Yağ Asitleri), MUFA (Tekli Doymamış Yağ Asitleri), PUFA (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri), IV (İyot Sayısı), TOSI (Teorik Oksidatif Stabilite İndeksi).

SFA [doymuş yağ asitleri], MUFA [Tekli Doymamış yağ asitleri], PUFA [Çoklu Doymamış yağ asitleri], oleik/ linoleik),

Teorik Oksidatif stabilite [TOSI] Oksitlenebilirlik [Cox] Oksidatif Duyarlılık [Ox Suc]

Çizelge 4.10. Kontrol numunesi ve değişik oranlarda uçucu yağ ilave edilen palm yağlarının kapiler kolon gaz kromatografisi ile belirlenen omega 9 (OLA), omega 6 (LO) ve omega 3 (LN) yağ asidi miktarı (mg/100g yağ) sonuçları

	omega-3 (mg/100g)	omega-6 (mg/100g)	omega-9 (mg/100g)
KNT 1.	201,93	10538,49	36548,73
KNT SON	112,63	8518,95	36323,63
B % 0,25	103,14	10483,58	31531,66
B % 0,50	155,19	11564,54	35251,33
B %1,00	94,90	8154,17	33907,82
K % 0,25	139,85	9887,97	35458,25
K %0,50	94,90	8154,17	33907,82
K % 1,00	104,56	8413,56	35082,08
N % 0,25	102,61	8716,79	34394,84
N %0,50	110,98	8080,17	35842,10
N %1,00	49,00	5066,24	33625,29

Kısaltmalar: KNT (Kontrol) , B (Biberiye Uçucu yağı) K (Kekik Uçucu Yağı) ve N (Nane Uçucu Yağı)

Çizelge 4.10’da verildiği gibi Kontrol palm yağı örneğinde ön kızartma işlemi öncesi ve ısıt işlem sonrası (13. ön kızartma) omega-3 (LN) değişimi (201,93-112,63) (mg/100g), omega-6 (LO) değişimi (10538,49-8518,95) (mg/100g), omega-9 (OLA) değişimi (36548,73-36323,63) (mg/100g) olarak bulunmuştur.

% 0,25 biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (14. ön kızartma) omega-3 değişimi (103,14) (mg/100g) bulunmuş olup, omega-6 değişimi (10483,58) (mg/100g), omega-9 değişimi (31531,66) (mg/100g) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). % 0,50 biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (16. Ön kızartma) omega-3 değişimi (103,14) (mg/100g), omega-6 değişimi (11564,54) (mg/100g), omega-9 değişimi (35251,33) (mg/100g) olarak tespit edilmiştir.% 1,00 biberiye uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(19. Ön

kızartma) omega-3 değişimi (94,90) (mg/100g), omega-6 değişimi (8154,17) (mg/100g), omega-9 değişimi (33907,82) (mg/100g) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10'da gösterildiği gibi, % 0,25 kekik uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(13. Ön kızartma) omega-3 değişimi (139,85) (mg/100g), omega-6 değişimi (9887,97) (mg/100g), omega-9 değişimi (35458,25) (mg/100g) olarak hesaplanmıştır. % 0,50 kekik uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(16. Ön kızartma) omega-3 değişimi (94,90) (mg/100g), omega-6 değişimi (8154,17) (mg/100g), omega-9 değişimi (33907,82) (mg/100g) olarak bulunmuştur. % 1,00 kekik uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında (17. Ön kızartma) omega-3 değişimi (104,56) (mg/100g), omega-6 değişimi (8413,56) (mg/100g), omega-9 değişimi (35082,08) (mg/100g) olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10'da kaydedildiği üzere % 0,25 nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(12. Ön kızartma) omega-3 değişimi (102,61) (mg/100g), omega-6 değişimi (8716,79) (mg/100g), omega-9 değişimi (34394,84) (mg/100g) olarak hesaplanmıştır. % 0,50 nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(13. Ön kızartma) omega-3 değişimi (110,98) (mg/100g), omega-6 değişimi (8080,17) (mg/100g), omega-9 değişimi (35842,10) (mg/100g) olarak bulunmuştur. % 1,00 nane uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneğinde ön kızartma sonrasında(15. Ön kızartma) omega-3 değişimi (49,00) (mg/100g), omega-6 değişimi (5066,24) (mg/100g), omega-9 değişimi (33625,29) (mg/100g) olarak tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerine Ait Toplam Polar Madde, Serbest Yağ Asitliği Miktarı, Asitlik Sayısı, Peroksit Sayısı ve Lovibond Renk Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, Afyon yöresine ait yüksek verim kabiliyetine sahip Agria cinsi parmak patates örnekleri (olein ve stearin fraksiyonlarını içeren) palm yağına kontrol grubu (baharat uçucu yağı içermeyen) ile birlikte belirli (% 0,25, 0,50 ve 1,00) oranlarda biberiye, kekik ve nane uçucu yağlarından ilave edilerek ön kızartma işlemi yapılmıştır. Ön kızartmada kullanılan palm yağlarından, TPM değerleri değişimine göre belli aşamalarda örnekler alınarak; ısıtılma işleminin palm yağındaki oksidatif stabilitesi/bozulması izlenmiştir. Palm yağı ile ön kızartma gerçekleştirilen dondurulmuş parmak patates üretiminde kullanılan palm yağına biberiye, kekik ve nane uçucu yağları ilave edilerek yapılan ön kızartmalarda maksimum TPM değerleri (%25) baz alınarak ısıtılma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerinde ön kızartma sonucunda fizikokimyasal analizlerden TPM değişimi başlangıçtan itibaren – kızartma yağları için kritik resmi limit olan - maksimum % 25 değerine ulaşana kadar- (Anonim.,2012) kızartma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.1’de görüleceği üzere uçucu yağ içermeyen Kontrol grubu palm yağında 13. kızartmada maksimum % 25 değerine ulaşılmıştır. Maksimum TPM değerine ulaşması yönünden % 0,25 uçucu yağ ilave edilmiş palm yağı örneklerinde; biberiye yağı 14 kez, kekik yağı 13 kez ve nane yağı 12 kez kızartma işlemine maruz kalmıştır. % 0,50 düzeyinde uçucu yağ ilave edilmiş yağ örnekleri için maksimum TPM değerlerine; biberiye yağı 16. kez, kekik yağı 16. kez ve nane yağı 13. kez kızartılma ile ulaşılmıştır. . % 1,0 ilave edilmiş örneklerde sözkonusu maksimum TPM değerine; biberiye yağı için 19. kez, kekik yağında 17. kez ve nane yağında ise 15. kez kızartılma ile ulaşılmıştır (Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4).TPM değeri limit maksimum normu ulaşana ve aşana kadar en çok biberiye uçucu yağ ilaveli örneklerde kızartma yapılmıştır. Palm yağına ilave edilen uçucu yağın oranı arttıkça da yağın ön kızartmada kullanım süresi artmış olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4).

Çalışma bulgularına göre % 0,25, % 0,50 ve % 1,00 oranlarında palm yağına ilave edilen uçucu yağlardan elde edilen TPM değişim değerlerine veya artış ivmesine göre özellikle de

ilk kriter olarak kızartma sayısı dikkate alındığında; biberiye uçucu yağının kekikten, kekik uçucu yağının da nane den palm yağının dayanıklılığı üzerinde daha etkili olduğu ve herhangi bir yağ ilavesi de yapılmadan palm (olein-stearin) yağının raf ömrünü artırdığı düşünülmektedir. Polar bileşik miktarının belirlenmesi kızartma yağlarının değerlendirilmesi için kullanılan en güvenilir yöntemlerdendir. Bu nedenle bazı Avrupa ülkelerinde polar madde miktarının en fazla % 24 ile % 27 arasında olması gerektiği bildirilmiştir. Türkiye’de ise bu sınır % 25 olarak belirtilmiştir (Anonim, 2012). TPM, yağda meydana gelen tüm hidroliz ve oksidasyon reaksiyonlarının küresel bir ölçüsüdür. Serbest yağ asitleri; hidroperoksitler, aldehitler, ketonlar, asitler, alkoller ve epoksitler gibi bileşiklerin toplamıdır. Aldehitler, ketonlar, hidrokarbonlar ve çoğu bileşenler yağların polimer yapısında değişikliğe yol açmaktadır Kızartma sayısı arttıkça yağların polar madde içeriklerinde de artış gözlenmiştir. Isıl işlem boyunca çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı ve polariteli bileşenler uçucu olmayan bileşenlerdir ve ısıtma süresince artış göstermektedir (Çelik ve Yalçın,2024).Bitkisel yağın toplam polar madde oranı % 25’i geçmesiyle kanserojen riskinin başlatılmasında etkindir (Psaltopoulou vd. 2004). Palm olein-stearin yağı örneklerindeki kızartma ile meydana gelen TPM artış değişimleri Uslu (2014), Horuz vd.(2015), Ceylan (2020), Çatar vd (2021), İyilikeden (2023) bitkisel ekstrakt içeren palm olein yağı, ve Çelik ve Yalçın (2024) lokma ve tulumba tatlısı kızartma bulguları ile benzer bulunmuştur.

Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol (baharat uçucu yağı içermeyen) palm yağı örneğinin kimyasal analizlerden serbest yağ asidi miktarı (SYA) başlangıç değeri olarak % 0,13 oleik asit olmuş, son değer (13. ön kızartma) % 0,50 oleik asit olmuştur. İlgili palm (olein -stearin) yağı örneğinin AS (mg KOH/g yağ) başlangıç değeri olarak 1,3 ve son değer (13. kızartma) 5,0 olarak belirlenmiştir. Biberiye uçucu yağı ilavesi sonrası tüm örnekler için SYA miktarı 0,53- 0,88 (% oleik asit) aralığında bir değişimde bulunmuş iken, asit sayısı değerlerinin değişimi 5,3mg KOH/g yağ - 8,8 mg KOH/g yağ olmuştur. Kekik uçucu yağı ilavesi sonrası ilgili tüm örnekler için SYA miktarı 0,18- 0,86 (% oleik asit) aralığında bulunmuş olup ilgili örneklerin asit sayısı değerleri değişimi 1,8 mg KOH/g yağ - 6,3 mg KOH/g arasında belirlenmiştir. Nane uçucu yağı ilavesi sonrası tüm örneklerin SYA miktarı değişimi 0,27- 0,89 (% oleik asit) aralığında bulunmuş iken, adı geçen bu örneklerin asit sayısı değeri 2,7mg KOH/g – 8,9 mg KOH/g yağ arasında belirlenmiştir. SYA değeri için, en yüksek miktar nane ilaveli (%1,00) bulunurken en düşük değer kekik (% 0,50) ilaveli örneğinde tespit edilmiştir.

Kızartma süresi ve sayısının artışı ile birlikte tüm palm (olein-stearin) yağı örneklerinde SYA ve AS değerlerinde doğrusal bir yükselme (artış) tespit edilmiştir. Kontrol örneği (son kızartma % 0,5 iken) ile uçucu yağ ilave edilen palm yağı örneklerinin SYA ve AS değişimleri arasında uçucu yağ tipin ve kızartma sayısına göre dikkate değer bir farklılık ta (% 0,18 – 0,89) gözlenmiştir. Düşük SYA değerlerin varlığı uçucu yağların SYA değişimi üzerine dikkate değer olumlu bir etkisinin olabileceği düşünülmektedir (Çizelge 4.5).

Asit Değeri (AS) Sayısı: 1 gram yağdaki serbest yağ asitlerini nötralize etmek için gereken potasyum hidroksit (KOH) miktarını mg cinsinden ifade eder. Bu değer, yağın bozulma seviyesini gösteren kritik bir kalite parametresidir. Bir başka deyişle, yağın kullanılabilir olup olmadığını söyleyen göstergedir. AS değeri arttıkça, yağın kalitesi düşer ve raf ömrü kısalmır. Antioksidanların tükenmesi nedeniyle, yağlarda gerçekleşen SYA oluşumunun izlemesi konusunda büyük bir fayda sağlamaktadır. Yağ oksidasyonu asidik yan ürünlerin oluşmasına da neden olur. Yüksek asit değerleri, aşırı yağ oksidasyonunu ya da yağ katkı maddelerinin tükendiğini göstererek dahili bileşenlerin aşınmasına neden olabilir. Kızartma sırasında hidroperoksitlerin bozunması sebebiyle SYA artışı olmuştur (Maskan vd. 2006).

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde ham ve rafine bitkisel yağların SYA (% oleik asit olarak) ilişkin bir resmi norm bulunmamaktadır. Palm yağı örneklerinde elde edilen asit sayısı sonuçları, TKG Bitki Adı ile Anılan Yağlar tebliğinde (Anonim 2012) natürel palm yağları için belirtilen maksimum asit sayısı sınırı olan (10 mg KOH/ g yağ) aşmamaktadır. SYA miktarının % 3'u geçtiği (TKG kodeksine göre soğuk preslenmiş ve natürel yağlarda asit sayısı en çok 4 mg KOH/ g geçmemeli bu da maksimum yaklaşık % 3 oleik asit içeren SYA karşılık gelmektedir) durumda yağda ekşi ve yakıcı lezzetler duyusal olarak kolaylıkla algılanabilir hale geldiği için, yüksek SYA içeren bitkisel yağlar tüketiciler açısından artık kabul edilemez bir ürün haline gelmektedir. Ham bitkisel yağlarda SYA miktarının yüksekliği durumunda, en azından nötralizasyon işleminin uygulanması gerekecektir. Örneklerdeki SYA artışı, kızartma yağının sıcaklığına ve kızartılan gıda maddesindeki (parmak patates) su miktarına bağlı olmakla birlikte bu iki faktörün aynı olduğu durumda; SYA artışı da oleik asit baskınlığında daha az olmaktadır çünkü tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ortamda baskın olduğunda, çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) baskın yağa göre, yağın stabilitesi artmaktadır. Yağ asidi oksidasyon tepkimelerinin öncül maddelerinden olan SYA artışının (özellikle palm yağı örnekleri için %1'den) daha az olması

da; bu tepkimelere karşı yağın daha oksidatif stabil olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Çatar vd, 2012; Çelik ve Yalçın,2024). Yağlarda miktarca fazla olan trigliseritlerin; kızartma işlemi sırasında, hidrolize uğramasıyla, SYA'nın arttığı ve ortamda monogliseritler, digliseritler ve gliserol oluşmaktadır (Baltacıoğlu, 2007). SYA artışı, kızartma yağının sıcaklığına ve besindeki su miktarına bağlı olup bu iki faktörün aynı olduğu durumda; SYA artışı da oleik asit baskınlığında daha az olmaktadır (Dedetaş, 2016). Özellikle de palm (olein-stearin) yağ örneklerinde SYA artışının az olması; tepkimelere karşı ilgili yağın oksidatif bozulmaya karşı daha stabil olduğunu göstermektedir (Miyashita vd. 2020; Frega vd. 2020). Araştırmada kullanılan palm (olein-stearin) yağı örneklerindeki SYA değerlerindeki değişimler Che Man ve Tan (1999), Chatzilazarou vd (2006); Dıraman ve Hışıl (2009); Çatar vd, (2012); Uslu (2014); Horuz ve Maskan (2015), Ceylan (2020), Kasapoğlu ve Sağlam (2021);Çelebi (2022); İyilikeden, (2023); Çelik ve Yalçın (2024) bulguları ile benzer ve uyumlu bulunmuştur.

Yağlarda bulunan aktif oksijen miktarı Peroksit sayısı (PS) tayini ile belirlenmektedir. Bu kimyasal analiz, lipidlerde depolanması esnasında oksidasyon derecesinin belirlenmesi ve ısıtma işlemi içeren uygulamalar sırasında oluşan primer metabolitlerden hidroperoksitlerin önemli bir göstergesidir. Teknik tanım olarak PS, katı-sıvı tüm yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg yağda mevcut olan peroksit oksijeninin mili eşdeğer gram olarak miktarıdır. PS tayini ile katı- sıvı yağlarda özellikle otoksidasyonun birincil ürünü olan hidroperoksit ve epiperoksitler belirlenmektedir. Ön kızartma işleminde kullanılan ve baharat uçucu yağı içermeyen kontrol palm (olein -stearin) yağı örneğinin Peroksit Sayısı (PS) başlangıç değeri olarak 3,18 meq O₂/kg yağ, son değer 54,23 meq O₂/kg yağ olmuştur (Çizelge 4.5). Değişik oranlarda uçucu yağ içeren palm yağı örneklerinde ön kızartma işlemi süresince PS değişimi 6,68 meq O₂/kg.yağ (% 0,25 Biberiye ilaveli ve 3.kez) – 21,57 meq O₂/kg.yağ(% 0,25 Kekik ilaveli ve 13.kez) aralığında bulunmuştur. Palm yağı örneklerinin birincil bozulma (acılaşma) durumlarının tespiti için yapılan PS tayini sonuçlarına göre; genel olarak biberiye, kekik, nane ilave edilen uçucu yağ oranına ve kızartma sayısına göre doğrusala yakın – düşük PS değerleri içeren % 0,50 kekik ilaveli 16. Kızartma örneği ve %1 kekik ilaveli 17. kızartma örneği dışında - bir artış gözlenmiştir. Uçucu yağ içeren ve ön kızartma işleminde kullanılan tüm palm (olein- stearin) yağı örneklerinin PS değerlerinin kontrol grubuna göre (54,23 meq O₂/kg) daha az düzeyde (6,68 - 21,57 meq O₂/kg.yağ) bir değişim (veya ivme) gösterdiği görülmektedir Araştırmada kullanılan palm (olein-stearin)

yağ örneklerinde uçucu yağ tiplerine göre PS değerleri değişim temelinde en dayanıklı (oksidatif stabilitesi yüksek) yağ biberiye olmuş bunu sırasıyla kekik ve en son olarak nane izlemiştir (Çizelge 4.5). Bu durum uçucu yağların sahip olduğu antioksidan bileşiklerin varlığı ve ısı işlem boyunca olan aktivasyonları ile açıklanabilir (Che Man ve Tan 1999, Çalıkoğlu 2009, Dıraman ve Hışıl, 2009; Karoui vd.,2011, Şahan 2021; Horuz ve Maskan 2015; Tabar 2018; Passos vd.2019). Peroksitler kararsız bileşikler olduğu için kızartma işlemlerinde her zaman doğrusal bir artış göstermeyebilirler (Che Man ve Tan 1999; Saguy ve Dana 2001; Choe ve Min 2011; Dıraman ve Hışıl, 2009; Horuz ve Maskan (2015); Hernandez vd 2016; Çelik ve Yalçın, 2024). Kızartma ortamında peroksit oluşumu için gerekli olan oksijenin çözünürlüğü uygulanan yüksek sıcaklığın etkisiyle azalmakta ve bu durum peroksit değerinin düşmesine neden olmaktadır (Maskan ve Bağcı, 2003; Horuz ve Maskan, 2015).

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen PS (lipit oksidasyonunun primer metabolitleri olan hidroperoksitlerin önemli bir göstergesi) rafine edilmiş yağlarda maksimum 10 miliekivalen aktif oksijen (meqg O₂/kg yağ)'dır. Yağlarda oksidatif reaksiyonlar sonucu meydana gelen peroksitler ortam koşullarına bağlı olarak parçalanmakta ve ileri bozulma ürünlerine dönüşmekte yani ikincil oksidasyon ürünleri (aldehit ve keton) açığa çıkmaktadır (Kayahan, 2003). Ön kızartma işleminde kullanılan Palm yağlarında yapılan PS tayini sonuçlarına göre, elde edilen veriler özellikle - uçucu yağ içermeyen -kontrol grubu yağlardaki oksidasyon hızının - kızartma sayısının artışına bağlı olarak – çok yüksek düzeyde arttırdığı ve sağlığa zararlı (kanserojen nitelikleri olan çeşitli maddelerin oluşması riski ile) muhtemel etkileri olabileceği de düşünülmektedir. Lipidlerin oksidasyonu gıdanın besin değerini düşürmesinin yanı sıra, istenmeyen kimyasal bileşenler (hidroksiperoksitler, bazı karbon bileşenleri, malonik dialdehit, alkanlar, alkenler) yağlarda kalite kriterlerini etkiler (Saguy ve Dana 2001; Dıraman ve Hışıl, 2009; Choe ve Min 2011). Bu bakımdan ön kızartma işleminde kızartma sayılarında TPM ölçümü ile birlikte PS sayısının da dikkate alınması gerekmektedir.

Katı -sıvı lipidlerde bulunan aktif oksijen miktarının bir ölçüsü olan PS değeri, 1 kg yağdaki aktif oksijenin mili eşdeğer gram olarak miktarıdır. Yüksek peroksit sayısı otooksidasyonun ileri bir düzeyde olduğunu gösterir. Peroksitler genellikle ısı işleminden sonra süre ilerledikçe bir artış göstermektedir. Bu durum araştırma palm (olein -stearin) yağ örneklerinde açık bir şekilde görülmektedir. Araştırmada kullanılan palm (olein-stearin) yağı örneklerindeki PS

değerlerindeki değişimler Che Man ve Tan (1999), Ayadi vd (2009); Siua (2004); Chatzilazarou vd (2006); Farag vd,2007; Iqbal, ve Bhanger, (2007); Du ve Li (2008); Çalıkoğlu (2009); Dıraman ve Hışıl (2009); Zhang vd (2010); Çatar vd, (2012), Mudawi (2014); Ramli vd (2014); Uslu (2014), Horuz ve Maskan (2015); Tabar 2018; Ceylan (2020), Kasapoğlu ve Sağlam (2021); Çelebi (2022); İyilikeden, (2023); Çelik ve Yalçın,(2024) kızartma uygulamaları ve oksidatif stabilite deney bulguları ile benzer ve uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 4.5 incelendiğinde ön kızartma işleminde kullanılan kontrol palm (olein -stearin) yağı örneğine ait fiziksel analizlerden Lovibond renk analiz sonuçları değişiminin başlangıçta 2,4 (kırmızılık) – 7,6 (sarılık) olduğu 13. kızartma sonunda ise 2,1 (kırmızılık) – 20 (sarılık) değerine ulaştığı görülmektedir. Ön kızartma işleminde kullanılan ve değişik oranlarda uçucu yağlar (Biberiye, Kekik, Nane) ilave edilmiş palm (olein -stearin) yağı örneklerine ait Lovibond Renk (LRS) Analiz Sonuçları değişimi ise 0,9 kırmızı (Kekik ilaveli) – 21 sarı (kekik ilaveli) olarak belirlenmiştir. Diğer bir ifade ile biberiye ve kekik uçucu yağı ilavesi sonrası yapılan kızartmalarda genel olarak renk değerleri yüksek olup nane uçucu yağı ilavesi ile yapılan kızartmalarda renk değerleri biraz daha düşüktür (Çizelge 4.5). Kızartma sayısının artması ile birlikte tüm palm yağı örneklerinde Lovibond Renk Analiz (LRS) değerlerinden kırmızılık değerinin genel olarak – düşük olan - başlangıç değerine (2,4) göre daha da azaldığı (0,9) tespit edilmiş olup, sarılık değerinin ise (biberiye % 1,00 ilaveli son kızartma bulgusu, kekik % 0,25, % 0,50 ve %1,00 ilaveli bazı bulgular hariç) başlangıç 7,6 değerinden 21 kadar yükseldiği görülmüştür.

Bitkisel yağlardaki renk düzeyindeki gelişme, yağlardaki bazı renklendirici pigmentlerin (klorofil, tokoferol ve β -karoten) varlığına esas olarak ilişkilidir. Kızartma yağının rengi, kızartma sırasında, oksidasyon ve patates örneklerden kaynaklanan kahverengi pigmentlerin oluşumu sonucu koyulaşmaktadır (Che Man ve Tan,1999). Ancak uçucu yağ ilave edilmiş palm (olein -stearin) yağı örneklerinin sarılık değişimleri kontrol örneğine göre daha düşük bulunmuştur. Bu durum uçucu yağların antioksidan etkisi ile de açıklanabilir. LRS değerlerinde görülen değişimler Che Man ve Tan (1999) palm kızartma ve Mudawi vd (2014) mısır ve ayçiçeği yağında yapılan kızartma bulguları ile benzer ve uyumlu bulunmuştur. Ayrıca bu araştırmacılar palm yağ kalitesini yalnızca renkteki değişiklikleri izleyerek yapılacak bir değerlendirmenin doğru olamayacağını da ifade etmişlerdir.

5.2. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerine Ait Refraktif İndeksi ve UV’de Özgül Absorbans Değerleri

Palm yağı örneklerine ait fiziksel analizlerden refraktif indeksi (RI) değeri ile lipidlerin saflık dereceleri ve doymamışlık dereceleri tahmin edilebilmekte olup; Çizelge 4.6 ‘da verildiği üzere, kontrol palm yağı numunesinin ham haline ait refraktif indisi (RI) değerler 1,46712 nD olarak tespit edilmiş olup, kontrol numunesinin son kızartma sonrasına (13.kızartma) ait değer 1,46157 nD’dır. Uçucu yağ ilavesi sonrası kızartılan yağlara ait RI sonuçlar ilgili Çizelge 4.6’da verildiği genel değişimi genel bir artış göstermek suretiyle 1,4663 nD (% 1,00 Biberiye 19.kızartma) - 1,46913 (% 0,25 Kekik 3. kızartma) arasında bir değişim göstermiştir. RI yağlarda önemli bulgular ortaya koyabilen ve uygulama alanı olan bir parametre olup, yemeklik yağlarda RI değerleri ölçülerek, bunların saflık dereceleri ve acılık (oksidasyon) dereceleri tahmin ve tespit edilebilmektedir. Bir sıvı yağın acılaşma derecesi arttıkça kırılma indisi de artar. Kızartma süresi ve sayısının artması (termik oksidasyonu) ile birlikte nisbi bir doymamışlık (MUFA ve PUFA) düşüşüne paralel olarak, oluşan polimerle birlikte tüm (kontrol ve uçucu yağ içeren) palm (olein -stearin) yağı örneklerinde kırılma indisinde – çok az da olsa – bir artış olduğu tespit edilmiştir. Mudawi vd (2014) mısır ve ayçiçeği yağlarının patatesin (180 °C’de 13 dk ve beş kez) kızartılması esnasında ilgili yağların kırılma indisinin sırasıyla 1,4750’den 1,4820’ye ve 1,4750’den 1,4810’a arttığını tespit etmiş olup, araştırmada kullanılan palm yağı örneklerinde de benzer değişimler belirlenmiştir.

UV’de Özgül Absorbans analizleri lipidlerin bünyelerinde bulunan iki ve üç çift bağlı doymamış yağ asitlerinin konjuge dien (232 nm) ve trien (270 nm) niceliklerine bağlı olarak oksidasyon dereceleri hakkında fikir vermektedir. Konjuge dien miktarı, yağlarda birincil oksidasyon ürünleri (hidroperoksitler) oluşumunun ifadesidir ve yağlardaki çift bağların konjugasyonundan kaynaklanmaktadır. Isıl işlemin etkisi ile çoklu doymamış yağ asitlerinde oksidasyon meydana gelir ve hidroperoksitler açığa çıkar. Bu durum yağ asitlerinin çift bağlarında konjugasyon oluşturur. Konjuge trien miktarı, ısıl işlemin etkisiyle yağlarda ikincil oksidasyon ürünlerinin (aldehit ve ketonların oluşumu ile yağda acılık ve istenmeyen lezzet bileşiklerinin artması) oluşumunu ifade eder. Dien ve trien değerleri için maksimum absorbansa 232 ve 270 nm’deki dalga boylarında ulaşıldığından yağ örneklerinin oksidasyon seviyesini hesaplamak için spektrofotometrik olarak K_{232} ve K_{270} nm’deki özgül absorbans değerleri kullanılmaktadır (Karoui vd 2007; Tabar, 2015; Çelik ve Yalçın 2024).

Araştırmada kullanılan palm (olein-stearin) yağ örneklerinde birincil oksidasyon ürünleri oluşumunu gösteren konjuge dien K_{232} değerleri kontrol (uçucu yağ içermeyen) ham yağ örneğinde 3,427 olmuş 13. Kızartmada 3,430 olarak belirlenmiştir. Değişik oranlarda (%0.25, 0,50 ve 1,00 biberiye, kekik ve nane) uçucu yağları içeren palm yağı örneklerindeki değişim 2,052 (%1,00 nane ve 12. ön kızartma) – 4,420 (% 0,50 nane – 8. ön kızartma) arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Ön kızartma işleminde kullanılan palm (olein-stearin) yağ örneklerinde ikincil oksidasyon ürünleri (konjuge trien miktarı veya aldehit ve ketonlar) oluşumunu gösteren K_{270} değerleri kontrol (uçucu yağ içermeyen) ham yağ örneğinde 0,995 olmuş 13. Kızartmada 1,750 olarak tespit edilmiştir. Değişik oranlarda (% 0,25, 0,50 ve 1,00 biberiye, kekik ve nane) uçucu yağları içeren palm yağı örneklerindeki değişim 0.494 (%1,00 nane ve 12. ön kızartma) – 2,591 (% 0,50 nane – 8. ön kızartma) arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Ön kızartma süresinin veya sayısının artması ile birlikte, palm (olein-stearin) örneklerine ait konjuge dien (232 nm) ve trien (270 nm) değerlerinde dikkate değer düzeyde değişimler meydana gelmiştir. Isıl işlemin etkisi ile birlikte konjuf-ge dien ve trien düzeyleri genel olarak doğrusal bir şekilde – (% 0,25, 0,50 ve 1,00 nane uçucu yağları içerenler) dışında – bir artış (yükselme) tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde palm (olein – stearin) örneklerine ait konjuge dien değerleri, konjuge trien değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. En yüksek konjuge dien değişimi biberiye uçucu yağı içeren palm yağı örneğinde belirlenmiş olup, bunun kekik ve nane izlemiştir (Çizelge 4.7). Konjuge dien miktarında artma ısıtma işlemin etkisi ile oksidasyon meydana geldiğini ve ortamda hidroperoksitlerin açığa çıktığını gösterir. Konjuge dien değerindeki değişim ile yağın çoklu doymamış yağ asidi profili ilişkilendirilmiştir (Çelebi, 2022). Yapılan çalışmada konjuge trien miktarlarında meydana gelen artış ile palm yağı örneklerinde aldehit ve keton gibi bileşiklerin açığa çıktığı yani duyuşal anlamda yapının değiştiği sonucuna varılabilir. İnanç ve Maskan (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, karvakrol katkılı palm yağının ısıtma işlem altında oksidatif stabilitesi incelenmiş ve elde ettiğimiz verilere benzer olarak konjuge dien değerleri, konjuge trien değerlerinden daha yüksek çıkmıştır.

Katı -sıvı lipidlerde bulunan ve ısıtma işlemleri ile oluşan oksidasyon ürünlerinin (konjuge -dien / trienlerin) bir ölçüsü olan K_{232} ve K_{270} değerlerinde belirlenen değişimler Che Man ve Tan (1999), Choe ve Min (2007); Ayadi vd (2009); Çalıkoğlu (2009); Karoui vd (2011); Horuz ve

Maskan (2015); Tabar 2018; Ceylan (2020); Çelebi (2022); İyilikeden (2023);Çelik ve Yalçın (2024) kızartma uygulamaları ve oksidatif stabilite deney bulguları ile benzer ve uyumlu bulunmuştur.

5.3. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerinde Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi ile Belirlenen Major ve Minor Yağ Asitleri Değerleri

Bazı bitkisel (zeytinyağı) ve hayvansal yağlara (tereyağı) yapılan muhtemel taşışların tespitinde ulusal ve uluslararası mevzuatlarda, yağ asitleri profilinde yer alan bileşenlerine ait limitlerin bulunması nedeniyle – özellikle gaz ile yapılan- kromatografik teknikler 1960'lı yıllardan beri kullanılmaktadır. 1980'li yıllardan sonra 1-2 m uzunluktaki cam/çelik kolonların yerine 60- 100 m uzunluğundaki kapiler kolonlu gaz kromatografi cihazlarının kullanılmaya başlaması sonucu, kromatogram kalitesi ve hassasiyeti gelişmiş ve çok küçük *trans* yağ asitleri de tespit edilebilmektedir.

Bitkisel yağlarda yağ asitleri profili sabit değildir. Genelde yağ asidi bileşenleri yağ bitkilerinde ekolojik, genetik, morfolojik, fizyolojik ve kültürel etkenlere bağlı olarak bir değişim göstermektedir. Yağın temel bileşenlerinden olan gliserol (gliserin) bütün yağ bitkilerinde aynı şekilde bulunmakta olup, ancak yağı oluşturan diğer unsurlar olan yağ asitleri tüm bitkilerde aynı değildir. Yağ asitleri bileşenleri kapiler kolonlu gaz kromatografisi kullanılarak ayrıştırılmakta ve gaz kromatografi cihazında kromatogram pikleri şeklinde tespit edilip, - standart bileşenlerine ait - alıkonma zamanları temelinde araştırmada kullanılan palm (stearin-olein) yağı örnekleri için tanımlanmaktadır.

Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi ile kontrol (uçucu yağ içermeyen) ve farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm (olein-stearin) yağ örneklerinin majör ve minör yağ asidi değişimleri incelenmiştir (Çizelge 4.8).

Ön kızartma işleminde kullanılan palm yağı örneklerinin en önemli major yağ asidi bileşenleri, Doymuş yağ asidi (SFA) olan palmitik asit (PAM, C16:1) , Tekli Doymamış yağ asidi (MUFA) oleik asit (OLA, C18:1) ile Çoklu Doymamış yağ asidi (PUFA) olan linoleik asit (LO, C18:2) ve Doymuş yağ asidi (SFA) olan stearik asit (SA, C18:0) olduğu Çizelge 4.8'de görülmektedir. Diğer yağ asitleri ise minör düzeyde olup yaklaşık

toplam % 2,50 ‘nin altında kalan düzeydedir. Bunlar, kısa zincirli SFA yağ asitlerinden kaprilik asit (C8:0), Kaprik asit (C10:0), laurik asit (C12:0) ile miristik asit (C14:0), palmitoleik asit [POLA] (C16:1), heptadekonik asit (C17:0), cis-10-heptadekanoik asit (C17:0), linoleik asit (C18:3), araşidik asit (C20:0), gadoleik asit (C20:1), behenik asit (C22:0), lignoserik (C24:0) asittir.

Kontrol grubu palm yağı örneklerinde PAM % 46,55 – 48,42 ile SA değeri % 3,64 - 3,89 olmuş iken OLA düzeyi % 36,55 – 36,32 arasında olmuş olup, LO değişimi %10,54 – 8,52 olarak bulunmuştur.

Uçucu yağ içeren palm yağı örneklerinde SFA grubuna ait PAM’ın değişimi %43,95 (Nane % 0,50 uçucu yağ) – %53,36 (Nane %1,00 uçucu yağ) aralığında iken, SA ise %3,59 (Kekik % 0,25 uçucu yağ) ile %8,20 (Nane % 0,25 Uçucu yağ) arasında tespit edilmiştir. MUFA grubu Oleik asit (OLA) değişimi % 31,53(Biberiye % 0,25 uçucu yağ) - % 35,84 (Nane % 0,50 uçucu yağ), LO değişimi %5,07 (Nane %1,00 uçucu yağ) – 11,56 (Biberiye % 0,50 uçucu yağ) aralığında iken, LNO düzeyleri değişimi ise % 0,50 (Nane %1,00 uçucu yağ) – % 0,16 (Biberiye % 0,50 uçucu yağ) olarak bulunmuştur. POLA değişimi ise % 0,20 (Kekik % 1,00 uçucu yağ) -% 0,40 (Biberiye % 0,25 uçucu yağ) arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Ön kızartma işleminde kullanılan palm yağı örneklerinin yağ asidi analiz bulgularına dayalı olarak hesaplanan parametrelerine ilişkin en önemli parametrelerden toplam değerler itibarıyla Doymuş Yağ Asitleri (% SFA), Tekli Doymamış Yağ Asitleri (% MUFA) ve Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (% PUFA), Toplam Doymamış Yağ asitleri (% UFA) ve Trans Yağ Asitleri (TFA) ilk önem arz eden değerlerdir. Çizelge 4.9’de verildiği gibi, ilgili bahsedilen ve minör yağ bileşenlerine göre hesaplanmış temel yağ asidi parametreleri değişimi tüm yağ örneklerinde, SFA grubu için % 52,32 (Nane %1,00 uçucu yağ) – 60,41 (Biberiye % 0,50 uçucu yağ) arasında iken MUFA grubunda % 32,07 (Nane % 0,50 uçucu yağ) – 36,32 (Biberiye % 0,25 uçucu yağ) olarak tespit edilmiştir. PUFA grubu ise % 5,12 (Biberiye % 0,50 uçucu yağ) – 11,72 (Nane % 1,00 uçucu yağ) aralığında değişmektedir.

Ön kızartma işlemi ile birlikte ısıl işlem süresi ve sayısının aratması ile birlikte kontrol ham yağ örneğine göre tüm palm (olein- stearin) yağlarında PAM, SA, SFA düzeylerinin dikkate değer şekilde yükselmiş iken OLA, LO ve PUFA değerlerinin ise bariz bir şekilde azaldığı (düşmüş) olduğu görülmektedir. Bu çalışmada tüm palm (olein – stearin) yağ örneklerine

uygulanan ön kızartmadaki yüksek ısıl işleme rağmen trans yağ asitleri (C18:1 *t*, C18:2 *t* ve C18:3 *t* veya elaidik asit, linoelaidik ve trans linolenik asit) tespit edilememiştir (Çizelge 4.8 ve 4.9).

Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi ilgili yağın orijinalliğinin ve oksidatif stabilitesinin tespitinde oldukça sık kullanılmaktadır. Uygulanan ısıl işlem ile birlikte doymuş yağ asidi miktarı artmakta doymamış yağ asidi miktarı ise azalmaktadır (Che Man ve Tan 1999; Chatzilazarou vd.2006; Okur 2008; Açar 2011; İyilikeden 2023). Kızartma işlemi sonrası yağların çoklu doymamış yağ asidi miktarlarında (linolenik ve linoleik asit) azalma meydana gelir (Uslu, 2014). Aniołowska ve Kita (2016), palm yağında kızartma süresince ana çoklu doymamış yağ asidi olan linoleik asidin zamanla azaldığını bildirmiştir. Doymamışlık düzeyinin artması ile birlikte oksidasyon hızlanmaktadır. Uygulanan ısıl işlem ile birlikte doymuş yağ asidi miktarı artmakta doymamış yağ asidi miktarı ise azalmaktadır. Kısaca oksidasyon derecesi doymamış/doymuş yağ asidi oranını etkilemektedir.

Palm yağı %50 doymuş ve %50 doymamış yağ asidi profiline sahiptir ve kızartmalık ürünlerde yaygın bir biçimde tercih edilmektedir (Mba vd., 2015). Palm yağı, içermiş olduğu yüksek doymuşluk sayesinde hidrojenasyon işlemi gerektirmemesi ve bu işlemle oluşabilecek trans yağların oluşmaması bu yağın kızartmalık yağ olarak tercih edilmesinde en büyük neden olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada kontrol grubu ile ön kızartma yağ örneklerinde trans yağ asitlerinin tesbit edilmemesi bu husus doğrular özellikle bulunmuştur. Ayrıca kızartma yağlarının saatlerce kullanılması, bunlarda defalarca özellikle patates gibi gıdaların kızartılması sonucunda omega 3 (LNO) ve 6 (LO) esansiyel yağ asitleri, toplam PUFA gibi sağlık üzerine önemli katkıları bulunan yağ asitlerinin kimyasal bileşiminde meydana getirdiği değişimleri ortaya koyması açısından da önemlidir. Bu çalışmada dikkate değer ve sevindirici olan bir başka konu ise kullandığımız palm (olein- stearin) yağlarının hiç birinde *trans* yağa rastlanmamış olmasıdır.

Bu çalışmada palm (olein -stearin) yağ örneklerinde cis yağ asidi profilinde tespit edilen değişimler Che Man ve Tan (1999), Choe ve Min (2007), Okur (2009), Dıraman ve Hışıl (2009), Açar (2011), Uslu (2014), İyilikeden (2023), Çeltik ve Yalçın (2024) bulguları ile benzer bulunmuştur.

Palm (olein - stearin) yağı omega 6 ve 3 esansiyel yağ asitleri (LO ve LNO) ile omega 9 (OLA) miktarları da GC kapiler kolonda elde edilen kromatogramlara ait pik alanları hesaplamak suretiyle tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). İlgili Çizelgede görüleceği gibi, palm (olein- stearin) yağı omega 6 ve 3 grubu esansiyel yağ asitleri düzeyi bakımından oldukça zengin olduğu ve uzun süreli veya sayıda ön kızartma işlemine rağmen kontrol grubu ham yağ örneğindeki omega 6 (LO) değerlerinde değişim 10538,49 – 8518,35 mg/100g yağ ve omega 3 (LNO) 201,93- 1112,63 mg/100g yağ arasında değişmiştir. Kontrol örneğinde omega 9 (OLA) değeri ise 36548,73 – 36323,63 mg/100g yağ olmuştur.

Uçucu yağ içeren palm (olein-stearin) örneklerinde omega 6 (LO) 11564,54 (Biberiye %0,50) – 5066,24 (Nane %1,00) mg/100 g arasında olmuş iken omega 3 (LNO) değeri 155,19 (Biberiye % 0,50) – 49,00 (Nane % 1,00) mg/100g yağ arasında bir değişim göstermiştir. İlgili yağ örneklerinde omega 9 (OLA) değeri 35842,10 (Nane %0,50) – 31531,66 (Biberiye % 0,25) mg/100g yağ arasında belirlenmiştir. Bu sonuçlar araştırmada kullanılan palm yağı örneğinin yeterli miktarda esansiyel yağ içeriğine (omega 3 ve 6) sahip olduğu diyet için günlük alım için dikkate değer bir yağ kaynağı olabileceği (Kayahan 2002 ve 2003) sonucuna varılmıştır.

5.4. Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış ve Belirli Oranda Uçucu Yağ İçeren Palm Yağı Örneklerinde Kapiler Kolon Gaz Kromatografisi ile Belirlenen Yağ Asidi Profiline Göre Hesaplanan Parametreler

Ön kızartma işleminde kullanılan palm (olein – stearin) yağı örneklerinin yağ asidi analiz bulgularına dayalı olarak hesaplanan parametrelerine ilişkin bulgular Çizelge 4.9’ de toplu şekilde verilmiştir. Araştırmada kullanılan yağ örneklerinde beslenme fizyolojisi açısından önem taşıyan parametreler olarak; PUFA/SFA, OLA/LO, PAM/LO, LO/LNO, UFA/SFA, UFA/PUFA oranları ile formüle dayalı olarak hesaplanan IV (İyot Sayısı), Ox Succ (Oksidatif Duyarlılık) ve TOSI (Teorik Oksidatif Stabilité) değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 4.9’te görüleceği üzere, oksidatif stabilite açısından bir indikatör olarak önem taşıyan OLA/LO değerlerinin değişimi 3,05 (Biberiye % 0,50 uçucu yağ) – 6,64 (Nane % 1,00 uçucu yağ) arasında tespit edilmiştir. LO/LNO oranının 70,70 (Kekik % 0,50 uçucu yağ) – 103,39 (Nane % 1,00 uçucu yağ), arasında palm yağı örnekleri için bir değişime sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değerler kontrol grubu için 3,47 – 4,26 ve 52,19 – 75,64 olmuştur. Kızartma

süresinin artması ile birlikte kontrol örneğindeki değişime göre bu değerler (OLA/LO ve LO/LNO) artmıştır.

Ön kızartma işleminde kullanılan palm (olein-stearin) yağı örneklerinde cis yağ asidi profiline göre hesaplanan iyot sayısı (IV) değerleri Çizelge 4.9 'da verildiği üzere, kontrol grubu için 52,64 – 48,67 arasında iken, uçucu yağ içeren tüm örnekler için 38,89 (Nane %1,00 uçucu yağ) ile 53,33 (Biberiye % 0,50 uçucu yağ) arasında bir değişim göstermiştir. Isıl işlem süresi ve sayısı arttıkça IV değerlerinin azaldığı (düştüğü) tespit edilmiştir. Bu husus toplam doymamış yağ asitleri (MUFA ve PUFA) düzeyinin ısıl işlem süresi / sayısının artmasına bağlı olarak azalması ile doğrudan ilişkilidir.

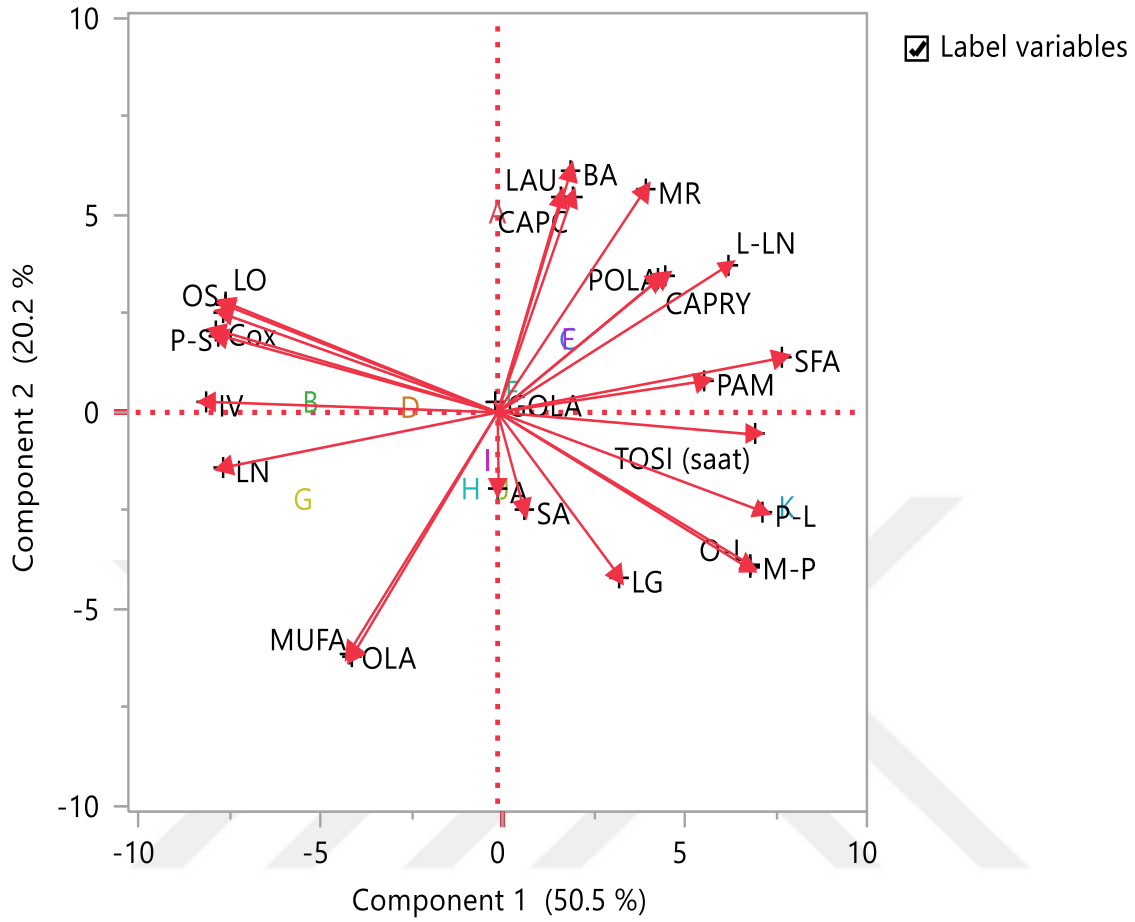
Teorik Oksidatif Stabilité İndeksi (TOSI- saat) değerlerinin değişimi 19,41 (Biberiye % 0,50)- % 22,36 saat (Nane % 1,00 uçucu yağ) arasında bulunmuştur. Yağ örneklerinde Ox Succ (Oksidatif Duyarlılık) değerleri değişimi 267,05 (Nane % 1,00 uçucu yağ) – 571,62 (Biberiye % 0,50) arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). Bu değerlerdeki değişimler LO ve PUFA düzeylerindeki dikkate değer (azalan /düşen) değişimlerden etkilenmiş olması kuvvetle muhtemeldir. Uçucu yağ içeren palm yağ örneklerindeki -özellikle- TOSI değerlerinin, Kontrol grubundan bazen yüksek değerde olması (Çizelge 4.9) uçucu yağın etkisine bağlanabilir. Palm (olein- stearin) yağı örneklerinde cis yağ asidi profiline dayalı olarak hesaplanan bazı parametrelere ilişkin literatürde bilgi bulunamamıştır.

5.5. Farklı Oranlarda Uçucu Yağ İlave Edilmiş ve Ön Kızartma İşleminde Kullanılmış Palm Yağı Örnekleri İçin Yağ Asidi Profiline Göre Kemometrik Değerlendirme

Yağ asitleri ve ilgili hesaplanan parametreler arasında oluşan korelasyonlara göre (Çizelge 5.1); farklı oranlarda (% 0,25; 0,50 ve 1,00) uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm (olein-stearin) yağı örneklerinin kemometrik olarak kolay bir şekilde sınıflandırılıp karakterize edilmesi için PCA sonuçlarına dayalı ortaya çıkan biplot grafiği Şekil 5.1 'de verilmiştir.

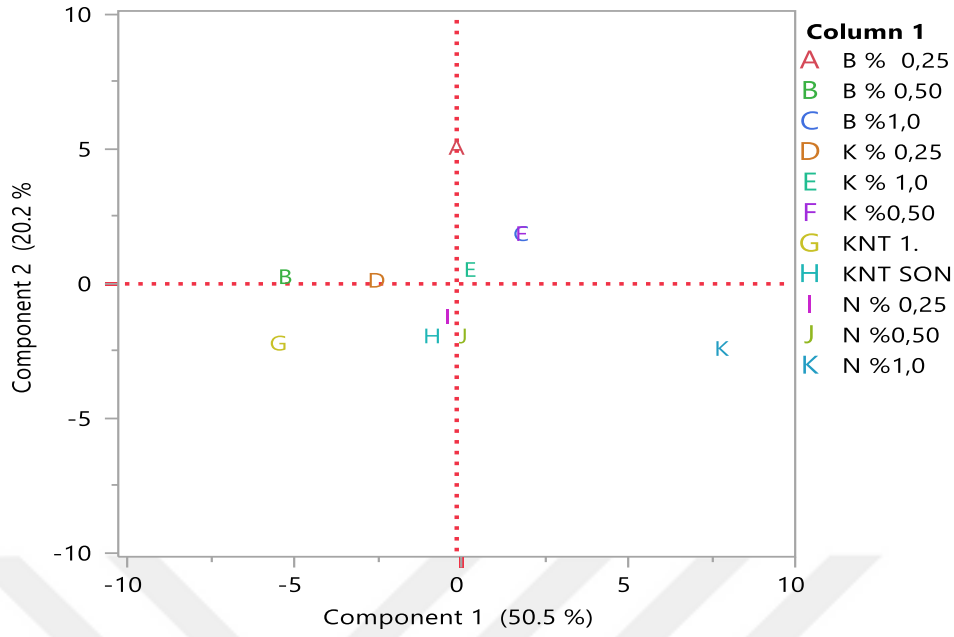
Parmak patateslerin ön kızartma işleminde kullanılan palm (olein-stearin) yağı örneklerinin cis yağ asidi profili ve bunlara dayalı hesaplanan ilgili parameterleri bulguları temelinde, PCA analizi ile birinci temel bileşen (PC1) toplam varyansın % 50,5'ini, ikinci temel bileşen (PC2) ise toplam varyansın % 20,2'sini açıklamıştır. Gerçekleştirilen temel bileşen analizi (PCA) her iki temel bileşen (PC 1 ve PC2) için toplam varyansın %,70,70'sini açıklamıştır (Şekil

5.1)



Şekil 5.1. Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızırtma işleminde kullanılmış palm yağlarının majör ve minör yağ asidi değişimleri ve palm örneklerinin temel bileşenlerine göre birlikte biplot dağılımı

Açılımlar: PAM (palmitik), POLA (palmitoleik), SA (stearik), OLA (oleik), LO (linoleik), LN (linolenik), CAPRY (Kaprilik), CAP (Kaprik), LAU (laurik), MR(miristik), A(Araşidik), B (Behenik), LG (Lignoeik) SFA, MUFA, PUFA, P-S (PUFA/SFA), O –L (oleik / linoleik), P – L (palmitik/linoleik), L –LN (linoleik /linolenik), IV (İyod sayısı), OS (oksidatif duyarlılık), Cox (oksidlenebilirlik),. TOSİ (Teorik Oksidatif Stabilité)



Şekil 5.2. Ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağı örneklerinin farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) temel bileşenlerine göre dağılımı

Kısaltmalar: ABC (Biberiye Uçucu yağı), DEF(Kekik Uçucu Yağı), G (KNT1) , H(KNT2) , IJK (Nane Uçucu Yağı)

Yağ asidi profiline ve ilgili parametrelerine göre biplot (Şekil 5.1) grafiği incelendiğinde, ön kızartma işleminde kullanılan ve farklı oranlarda uçucu yağları içeren palm yağı örneklerinin ön kızartma işlemi esansındaki karakterizasyonunda grafiğin I. bölgesinde (üst sağ) yer alan Biberiye % 0,25 (A) örneği laurik (LAU), Behenik (BA) ve Kaprilik (CAPC), Kekik % 1(E) yağ örneği (OLA),PAM ve SFA, Kekik % 0,50 (F) ve Biberiye % 1,00 (C) örnekleri de Palmitoleik (POLA) asitler ile tanımlanmıştır. Grafiğin II. bölgesinde (yer alan üst sol) Biberiye % 0,50 (B) ve % 0,25 Kekik (D) örneklerinin tanımlanmasında iyot sayısı (IV) rol oynamıştır. Kontrol 1 (G,Ham palm yağı) ve Kontrol son (H) ve Nane % 0,25 (I) örnekleri grafiğin III. bölgesinde yer almakta olup stearik (SA) ve araşidik (A) asitler örnekleri karakterize etmiştir. Grafiğin IV. bölgesinde yer alan Nane % 1,00 (K) örneğinin sınıflanmasında TOSİ ve palmitik/linoleik (P-L) oranı etkin olmuştur (Şekil 5.1).

Yağ asitleri profiline göre değişkenler arasında hesaplanan Pearson Korelasyon Katsayıları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Biplot grafiği de bu katsayılar temelinde oluşturulmuştur. Çizelge

5.1’de görüleceği üzere mavi renk negatif korelasyon ve kırmızı renk pozitif korelasyon katsayılarını göstermektedir. İlgili Çizelge 5.1’den görüleceği gibi, pozitif ve negatif olarak en yüksek değer olarak kabul edilen 0,7 -1,00 arasındaki katsayılar renkli (**mavi** – **kırmızı**) olarak gösterilmiştir. Bunlar arasında dikkat çeken en önemli pozitif parametreler;

CAPC- CAPRY, LAU-CAPRY, MR-CAPRY, LAU-CAPC, MR-CAPC, MR-LAU, SFA-PAM,P/L-PAM, TOSI-PAM, BA-POLA, L/LN-POLA, MUFA-OLA, LN-LO, PUFA-LO, P/S-LO, IV-LO, OS-LO, Cox-LO, IV-LN, OS-LN, Cox-LN, M/P-SFA, O/L-SFA, P/L-SFA, L/LN-SFA,TOSI-SFA, P/S-PUFA, IV-PUFA, OS-PUFA, Cox-PUFA, IV-P/S, OS-P/S, Cox-P/S, O/L-M/P- P/L-M/P, TOSI- M/P, P/L-O/L, TOSI – O/L, TOSI - P/L, TOSI - L/LN, OS - IV, Cox – IV, Cox - IV, Cox - OS arasında tespit edilmiştir. Negatif parametreler olarak bazı değerlerin öne çıktığı görülmüştür. OLA – POLA, MUFA – POLA, SFA - POLA, IV – PAM, SFA – OLA, SFA – LO, MUFA/PUFA – LO, OLA/LO – LO, OS – SFA, TOSI – OS, TOSİ – LN, TOSİ – IV, TOSI - Cox, TOSİ – LO ve TOSİ – LN (Çizelge 5.1).

Ön kızartma (sabit bir sıcaklık ve süredeki ısı işlem) süresince majör ve bazı minör cis yağ asidi profilinin ilave edilen uçucu yağ düzeylerinin etkisi ile karakterize olduğu görülmüştür. Özellikle majör yağ asitleri olan PAM, OLA ve SFA, MUFA ile hesaplanan TOSİ ve IV parametrelerinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu konuda farklı kemometrik tekniklerin (LDA, HCA ve Matlab, Simca yöntemleri) uygulanması ile de daha kapsamlı yorumların yapılabilmesi imkan dahilindedir.

	CAPRY	CAPC	LAU	MR	PAM	POLA	OLA	LO	LN	BA	SFA	MUFA	PUFA	P-S	M-P	O-L	P-L	L-LN	IV	OS	Cox	TOSİ (saat)
CAPRY	10.000																					
CAPC	0.8910	10.000																				
LAU	0.8640	0.9862	10.000																			
MR	0.8513	0.9158	0.9173	10.000																		
PAM	-0.0038	-0.0920	-0.0923	0.2929	10.000																	
POLA	0.4592	0.2643	0.1880	0.4002	0.3663	10.000																
SA	0.2267	-0.0198	-0.0700	-0.2161	-0.5394	0.1268																
OLA	-0.4166	-0.4474	-0.4127	-0.6421	-0.4906	-0.6959	10.000															
LO	-0.4369	-0.0849	-0.0569	-0.2853	-0.5652	-0.3218	0.1534	10.000														
LN	-0.6462	-0.3756	-0.3392	-0.5666	-0.5526	-0.6585	0.5920	0.8085	10.000													
A	0.2526	0.1441	0.1095	0.0087	-0.3702	-0.1375	0.0740	-0.0731	0.0917													
GOLA	0.0928	0.1320	0.1297	0.1192	-0.0337	-0.1923	-0.0988	0.0503	0.0098													
BA	0.1298	0.2472	0.2183	0.4302	0.4657	0.6608	-0.7770	0.0660	-0.3651	10.000												
LG	0.3847	-0.0160	-0.0783	-0.1179	-0.2217	0.3134	0.2388	-0.5927	-0.4344	-0.3703												
SFA	0.5142	0.2777	0.2404	0.5503	0.7232	0.6229	-0.6895	-0.8185	-0.9223	0.4128	10.000											
MUFA	-0.4082	-0.4512	-0.4213	-0.6480	-0.4958	-0.6777	0.9981	0.1434	0.5814	-0.7889	-0.6835	10.000										
PUFA	-0.4417	-0.0893	-0.0610	-0.2304	-0.5669	-0.3302	0.1622	0.9999	0.8154	0.0530	-0.8234	0.1521	10.000									
P-S	-0.4948	-0.1736	-0.1442	-0.3818	-0.5974	-0.3464	0.2489	0.9920	0.8447	0.0013	-0.8673	0.2413	0.9925	10.000								
M-P	0.2448	-0.1149	-0.1456	0.1118	0.6287	0.2572	-0.0688	-0.9555	-0.6892	-0.1690	0.7417	-0.0515	-0.9541	-0.9329	10.000							
O-L	0.2401	-0.1200	-0.1497	0.1048	0.6231	0.2469	-0.0541	-0.9556	-0.6808	-0.1788	0.7337	-0.0374	-0.9540	-0.9319	0.9998	10.000						
P-L	0.2252	-0.0885	-0.1160	0.2033	0.7839	0.3483	-0.2601	-0.9171	-0.7306	0.0158	0.8300	-0.2457	-0.9171	-0.9148	0.9701	0.9672	10.000					
L-LN	0.4628	0.3187	0.2757	0.5547	0.6421	0.7569	-0.8724	-0.5093	-0.8678	0.6261	0.8736	-0.8600	-0.5184	-0.5741	0.4472	0.4328	0.5885	10.000				
IV	-0.5348	-0.2365	-0.2005	-0.4623	-0.6723	-0.5255	0.4918	0.9357	0.9249	-0.2167	-0.9671	0.4825	0.9389	0.9632	-0.8635	-0.8604	-0.9000	-0.7608	10.000			
OS	-0.4544	-0.1040	-0.0749	-0.3089	-0.5767	-0.3519	0.1915	0.9991	0.8318	0.0334	-0.8395	0.1813	0.9995	0.9945	-0.9502	-0.9497	-0.9187	-0.5440	0.9486	10.000		
Cox	-0.4767	-0.1317	-0.1028	-0.3465	-0.5864	-0.3885	0.2519	0.9946	0.8583	-0.0124	-0.8711	0.2417	0.9956	0.9959	-0.9402	-0.9388	-0.9209	-0.5914	0.9663	0.9980	10.000	
TOSİ (saat)	0.1439	-0.0705	-0.0856	0.2891	0.9421	0.4199	-0.4444	-0.8000	-0.7307	0.3294	0.8624	-0.4419	-0.8016	-0.8193	0.8307	0.8261	0.9311	0.6945	-0.8628	-0.8093	-0.8237	10.000

Çizelge 5.1.Farklı (% 0,25; 0,50 ve 1,00) oranlarda uçucu yağ (Biberiye, Kekik ve Nane) ilave edilmiş ve ön kızartma işleminde kullanılmış palm yağlarının majör ve minör yağ asidi bileşenleri ve ilgili bazı parametre değişimlerine göre belirlenen Pearson Korelasyon Kat sayıları | Yağ asitleri ve ilgili parametrelerine ait tüm korelasyonlar Row –wise yöntemi ile belirlenmiştir.

Açılımlar: PAM (palmitik), POLA (palmitoleik), SA (stearik), OLA (oleik), LO (linoleik), LN (linolenik), CAPRY (Kaprilik), CAP (Kaprık), LAU (laurik), MR(miristik), A(Araşidik), B (Behenik), LG (Lignoeik) SFA, MUFA, PUFA, P-S (PUFA/SFA), O –L (oleik / linoleik), P – L (palmitik/linoleik), L –LN (linoleik /linolenik), IV (iyod sayısı), OS (oksidatif duyarlılık), Cox (oksidlenebilirlik), TOSİ (Teorik Oksidatif Stabilitte)

5.6. Sonuç

Bu çalışmada, dondurulmuş parmak patates üretimini sırasında üretimin bir kısmı olarak uygulanan ön kızartma işleminde kullanılan palm (olein -searin) yağına üç farklı düzeyde (%0,25, 0,5 ve 1) biberiye, kekik ve nane uçucu yağları ilave edilerek yağın oksidatif stabilitesini artırmak amaçlanmıştır. Ön kızartma işlemi esnasında taze yağ ilave edilmeksizin - ilk katılan- palm yağının ön kızartmada kullanım oranını artırmak hedeflenmiştir. Ön kızartma süresince oksidatif stabilite açısından işlemde kullanılan palm yağının önemli bazı fiziko-kimyasal analizleri (TPM, SYA, AS, PS, LRS, RI ve UV özgül absorbands ve GC cis yağ asidi profili) ele alınmıştır.

Bu çalışma sonucunda ülkemizde ve dünyada kızartma işlemlerinde en yaygın olarak kullanılan palm yağının ısıl işlem ile birlikte uçucu yağ ilave edilmeden/ edilmek suretiyle genel olarak SYA artışının genel olarak düşük olduğunun, PS değerinin ise kodeks değerlerine göre oldukça yüksek değişimlerde olduğu tespit edilmiştir. Palm (olein- stearin) yağlarında tespit edilen bulguların TGK Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliğinde (Anonim 2012) palm yağları için SYA, Refraktif indeks, UV'deki özgül absorbands değerlerine ait her hangi bir norm yer almamasına rağmen daha önce bu konuda yapılan çeşitli çalışmalarla da uyumlu olduğu görülmüştür.

Elde edilen verilere göre biberiye uçucu yağının ön kızartma işleminde – stabilitenin korunması açısından diğer uçucu yağlara göre daha etkili olduğu gözlenmiştir. Yapılan fizikokimyasal analiz sonuçlarının ışığında (olein-stearin) yağ örnekleri için doğal antioksidan etkiyi gösterebilen uçucu yağın biberiye olduğu bunu kekik uçucu yağının izlediği nane uçucu yağının da en düşük etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Endüstriyel üretim yapılan yerlerde uygulanan kızartma tekrarı sayısının, çalışmamızda denenen tekrar sayılarından çok daha fazla olduğu düşünülecek olursa; bu gibi yerlerde kullanılan palm (olein- stearin) kızartma yağlarının günlük değişiminin sağlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, derin yağda kızartma ile hazırlanan ürünlerde kalitenin maksimizasyonu arzulandığı için ısıl işleme maruz kalacak palm olein tipini seçerken diğer analitik bileşen değerleri (başlangıç SYA ve PS) daha düşük olan palm olein tercih edilmelidir.

Kapiler kolon Gaz Kromatografisi analizleri ile, ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve uçucu yağ ilave edilmiş tüm palm yağı örneklerinin yağ asidi profilinde uygulanan uzun süreli

ısıtılma işlemine rağmen; beslenme fizyolojisi/ tüketici sağlığı açısından önem taşıyan *trans* yağ asitleri oluşumunun olmadığı tespit edilmiştir.

Palm yağı kullanımının daha ileri ve hızlı/ güvenilir yöntemleri de kapsayacak bir şekilde izlenmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Palm yağı diğer adıyla hurma yağı olarak bilinen yağlar tek bir çeşit olmayıp palm meyvesi ve palm çekirdeğinden elde edilen yağlar olup bu yağların sıvı formdaki yapıları olein ve katı formdaki yapıları stearin olarak adlandırılır. Kullanım amacına göre yağ karışımlarına istenen kıvamı oluşturmak amacıyla katılabilmektedir. Palm yağı ve çekirdeğinin yağı doymuş yağ oranı yüksek olan ve esansiyel yağ asitleri omega 3 (linolenik) ve omega 6 (linoleik) çeşitlerini de dikkate değer düzeyde içeren bir bitkisel yağ olup, kolesterol içermemektedir. Ancak son yıllarda insan sağlığı için olumsuz bazı yönleri olduğu iddia edilen palm meyvesi yağının; bu yöndeki etkisine ilişkin olarak elimizde net yorum yapmamızı sağlayacak yeterli çalışma da bulunmamaktadır.

Palm yağı kullanımının daha ileri ve hızlı/ güvenilir yöntemleri de kapsayacak bir şekilde izlenmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Palm yağı diğer adıyla hurma yağı olarak bilinen yağlar tek bir çeşit olmayıp palm meyvesi ve palm çekirdeğinden elde edilen yağlar olup bu yağların sıvı formdaki yapıları olein ve katı formdaki yapıları stearin olarak adlandırılır. Kullanım amacına göre yağ karışımlarına istenen kıvamı oluşturmak amacıyla katılabilmektedir. Palm yağı ve çekirdeğinin yağı doymuş yağ oranı yüksek olan ve esansiyel yağ asitleri omega 3 (linolenik) ve omega 6 (linoleik) çeşitlerini de dikkate değer düzeyde içeren bir bitkisel yağ olup, kolesterol içermemektedir. Ancak son yıllarda insan sağlığı için olumsuz bazı yönleri olduğu iddia edilen palm meyvesi yağının; bu yöndeki iddia edilen olumsuz etkisine ilişkin olarak elimizde net yorum yapmamızı sağlayacak yeterli çalışma da bulunmamaktadır.

6.KAYNAKLAR

- Açar M.,(2011. Kızartılmış Patateslerde Kızartma Sayısının ve Süresinin Kızartma Yağı ve Patatesteki Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, ABD Yüksek lisans tezi, 78s.Sakarya
- Akgül A. 1993. Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:15; 101-104
- Akgül, A. ve Ayar, A. 1992. Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Antimikrobiyal, Antioksidan Aktiviteleri Ve Kullanım Olanakları. Erzincan University Journal Of Science And Technology, 6(2), 233-265.
- Ali, R. F .M., 2010, Improvement The Stability Of Fried Sunflower Oil By Using Different
- Alaca, F.G., Arabacı, O., 2005, Bazı Tıbbi Bitkilerdeki Doğal Antioksidanlar ve Önemi, Türkiye V. Tarla Bitkileri Kongresi, Antalya, 465-470.
- Aniołowska, M. and Kita, A. 2016. The effect of frying on glycidyl esters content in palm oil. *Food Chemistry*, 203, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.028>
- Anonim, 1987, IUPAC (International Union Pure and Applied Chemistry)– Standard Methods for The Analysis of Oils, Fats and Derivates, Edited by C, Paquat and A. Hautfenne 7th edn, Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford, London, Edinburg.
- Anonim, 2007. Türk Gıda Kodeksi Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği (TEBLİĞ NO: 2007/41).) TC Resmi Gazete 28 Ağustos 2007 Salı, Sayı: 26627, Ankara
- Anonim, 2010, Bitkisel Atık Yağların Yönetimi, T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1-99.
- Anonim, 2012. Kızartmada Kullanılmakta olan Katı ve Sıvı Yağlar için Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı) TC Resmi Gazete 12 Mayıs 2012 Cumartesi, Sayı: 28290, Ankara

- Anonim, 2014, Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği, Tebliğ no:2014/53 Sayı:2181 Ek-8 Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma Tayini
- 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.
- Aygören A., Palm Bazlı Kakao Yağı İkamesi Yağ Ürünleri Üretimi, Çukurove Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi,75 sayfa Adana, 2015
- Bağcı, E., Dığrak, M. 1996. Antimicrobial Activity Of Essential Oils Of Some Abies (Fir) Species from turkey. *J. Flavour Fragrance*, 11: 251-256
- Baltacıoğlu C. 2016. Farklı Kızartma Yöntemlerinin Bitkisel Yağların Oksidatif Stabilitesi Üzerine Etkisi. *GIDA*, 41(6), 387-394.
- Cert A, Alba J, Leon-Camacho M, Moreda W, Carmen Perez-Camino M, 1996, Effects of Talc Addition and Operating Mode On The Quality and Oxidative Stability of Virgin Olive Oil Sobtained by Centrifugation. *Journal of Food and Agricultural Chemistry*, 44, 3930-3934.
- Ceylan, M. M. 2020. Kızartma Yağlarının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Farklı Doğal Antioksidan Maddelerin Etkisi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 216 s. Van
- Chan KK.2001. Quantitation Of Monoterpenoid Compounds With Potential Medicinal Use In Biological Fluids. *J Chromatogr A* ; 936: 47-57.
- Chatzilazarou, A., Gortzi, O., Lalas, S., Zoidis, E. Tsaknis, J. 2006. Physicochemical changes of olive oil and selected vegetable oils during frying. *Journal of Food Lipids*, 13(1), 27–35. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2006.00032.x>
- Che Man YB, Tan, CP.1999. Effects of Natural and Synthetic Antioxidants on Changes in Refined, Bleached, and Deodorized Palm Olein During Deep-Fat Frying of Potato Chips. *Journal of American Oil Chemist's Society* 76, 331–339

- Choe, E. And Min, D. B., 2007, Chemistry Of Deep-Fat Frying Oils, Journal of Food Science, 72 (5), 77-86. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>
- Chu Y H, Kung Y L, 1998, A Study On Vegetable Oil Blends, Food Chem, 62, 191-195
- 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.
- Çatar D, Ongan D, Karacan E, Yemişçioğlu F. 2021. Lokma” Kızartma İşlemi Sırasında Palm Olein ve Ayçiçeği Yağının Kızartma Performansının Karşılaştırılması. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi 6(2): 47-55
- Çelebi K. 2022. Ayçiçeği yağının termal oksidatif stabilitesi üzerine şerbetçiotu yağının etkisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, ABD, Doktora tezi, 86 sayfa, Sakarya
- Çelik NN, Yalçın H. 2024. Tulumba ve lokma hamurunun kızartılmasında kullanılan kızartma yağının incelenmesi. Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi / Journal of Food and Feed Science - Technology 32: 1-12 (2024/2)
- Demirözü, B. Ataman, P., 2009, Kızartma Yağlarında Magnezyum Silikat Kullanımı, Gıda Dergisi, 02, 58-60.
- Dıraman H, Hışıl Y. 2004. Ege Bölgesinde Farklı Sistemlerle Elde edilen Zeytinyağlarında Trans Yağ Asitlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Proje Kod No: TAGEM / GY /00/ 14/ 041 Yayın No: 123. Zeytincilik Araştırma Enstitüsü. 96 sayfa. İzmir.
- Dıraman H., Hışıl Y. (2009). Bazı Bitkisel (Zeytin, Fındık ve Karışım) Yağlara Baharat İlavesinin Oksidatif Stabilite ve Yağ Asitleri Bileşenleri Üzerine Etkisi, Gıda Dergisi, 7:1-7.
- Doğan M., Tıbbi Nane (*Mentha Piperita*) Yağının Mikrokapsüllenerek Denim Kumaşa Aktarılması İle Kumaşa Antibakteriyel Özellik Kazandırılmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran, 2019
- Durmaz, G. and Gökmen, V. 2019. Effect of refining on bioactive composition and oxidative stability of hazelnut oil. Food Research International, 116, 586-591.
- Du, H. Li, H. 2008. Antioxidant effect of *Cassia* essential oil on deep-fried beef during the frying process. Meat Science, 78(4):461-468.

- Ebersole R., 2003. Eyes On The Fries. *Curr Sci*, 13:4-5.
- Elsabee, M. Z., Morsi, R. E., Fathy, M. 2016. Chitosan-oregano essential oil blends use as antimicrobial packaging material, In: *Antimicrobial Food Packaging*. Barros-Velázquez, J. (ed), Academic Press, 539-551, USA.
- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., Kaur, A. (2013) Beneficial Phytochemicals In Potato – A Review. *Food Research International*, 50 (2), 487- 496.
- Farag, R.S. Mahmoud, E.A., Basuny, A.M. 2007. Use crude olive leaf juice as a natural antioxidant for the stability of sunflower oil during heating. *International Journal of Food Science and Technology*, 42:107-115.
- Farhoosh, R. and Nyström, L. 2018. Antioxidant potency of gallic acid, methyl gallate and their combinations in sunflower oil triacylglycerols at high temperature. *Food Chemistry*, 244, 29-35.
- Fengxia S, Dishun Z, Zhanming Z, 2001. Determination of Oil Color By Image Analysis, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 749–752.
- Frega N, Mozzon M, Lercker G. 1999. Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(3):325-329.
- Grassmann, J., Elstner, E.F., 2003. Essential oils/properties and uses. *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* (Elsevier Science Ltd.): 2177-2184 p.
- Gursul, S., Karabulut, I. and Durmaz, G. 2019. Antioxidant efficacy of thymol and carvacrol in microencapsulated walnut oil triacylglycerols. *Food Chemistry*, 278, 805-810.
- Hernández, M. D., Sotomayor, J. A., Hernández, Á., Jordán, M. J. 2016. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oils, In: *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Preedy, V. R. (ed), Academic Press, 677-688, USA
- Horuz, T.İ. and Maskan, M. 2015. Effect of the phytochemicals curcumin, cinnamaldehyde, thymol and carvacrol on the oxidative stability of corn and palm oils at frying temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (12), 8041-8049.
- Iqbal, S. Bhangar, M.I. 2007. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry*, 100:246-254.

- İlçim A, Bazı bitki ekstarktlarının antimikrobiyal etkilerinin araştırılması, Turkish Journal of Biology Dergisi, cilt: 22, s:119-125, 1998
- İnanc, T. and Maskan, M. 2014. Effect of carvacrol on the oxidative stability of palm oil during frying. Grasas Y Aceites, 65 (4), e042.
- İyilikeden E., 2023. Yapay Ve Doğal Antioksidan Kullanımının Palm Olein Yağının Kızartmalık Performansı, 3-MCPD/GE Değişimi Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 165 sayfa Manisa,
- Kaçar, D., 2012. Kimyasal İnteresterifikasyon Yöntemi İle Zeytinyağı Bazlı Yeni Bir Yağ Ürününün Geliştirilmesi Ve Kek- Bisküvi Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması Development. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71 sayfa, Ankara.
- Karabıyık, H., 2014. Kaşar Peynir Üretiminde Bitkisel Yağların (Palm Yağı) Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53 sayfa, Afyon.
- Karadoğan T.,1994. Bazı Patates Çeşitlerinin Cıps Ve Parmak (Kızarmış) Patates Kalitesi Üzerinde Bir Araştırma, Atatürk Ünivç.Zir.Fak.Der. 25 (1), 30-38.
- Karoui, IJ., Dhifi, W., Ben Jemia, M., Marzouk B. 2011. Thermal stability of corn oil flavoured with Thymus capitatus under heating and deep-frying conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 927–933. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4267>
- Kasapoğlu E.D. ve Sağlam A.,2021 Kızartma işleminin yağda serbest yağ asitliği ve oksidasyon derecesi üzerine etkileri, Anadolu Bil Meslek Yüksek Okulu (ABMYO) Dergisi 16 (61):1 - 17
- Kayahan, M. 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, 263 sayfa, Ankara. ISBN 9789757064589
- Kayahan, M., 2003, Yağ Kimyası, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, 220 sayfa, Ankara ISBN:9789757064763
- Köse, H., (2007). Palm Yağının Etlik Piliç Yemlerinde Kullanımının Performans ve Karkas Parametrelerine Etkileri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 38 sayfa, Tekirdağ.

- Krokida, M.K., Oreopolou, V., Maroulis, Z.B., Marinos – Kouris, D., 2001b. Deep fat frying of potato strips – quality issues. *Drying Technology: An International Journal*, 19: 5, 879- 935.
- Li X., Li J., Wang Y., Cao P. and Liu Y. (2017). Effects of Frying Oils Fatty Acids Profile on The Formation of Polar Lipids Components and Their Retention in French Fries over Deep-Frying Process. *Food Chem.*, 237, 98–
- Mandal, S., DebMandal, M. 2016. Thyme (*Thymus vulgaris* L.) oils. In: *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Preedy, V. R.(ed), Academic Press, 825-834, USA.
- Maskan, M., Nacaroğlu, S. Ve Göğüş, F., 2006. Kara Kekik (*Thymbra Spicata*) Uçucu Yağının Kızartma İşleminde Kullanılan Mısır Özü Yağının Kalite Değerleri Üzerine Etkisi, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006 Bolu, Bildiri Kitabı Sayfa:365-368.
- Maskan M. ve Bağcı H. İ. 2006. Kızartma İşleminde Kullanılan Ayçiçek Yağının Çeşitli Adsorbantlar Yardımıyla Arındırılması, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu. Bildiri Kitabı Sayfa:373 - 376
- Maskan M, Horuz E.2017.Evaluation of antioxidant properties of Za'atar (*Thymbra spicata*) essential oils as natural antioxidant for stability of palm olein during deep-fat frying process.*J Food Sci Technol*,54(7):1794–1801. DOI 10.1007/s13197-017-2608-6
- Mba, O.I., Dumont, M.-J., Ngadi, M., (2015). Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry – A review, *Food Bioscience*, 10, 26–41.
- Meastri D M, Labuckas D O, Meriles J M, Lamarque A L, Zygadlo J A, Guzman C A, 1998, Seed Composition of Soybeancultivars Evaluated in Different Enviromental Conditions, *Journal of Science Food and Agriculture*, 77, 494 – 498
- Mellema, M., 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 14: 364-373.
- Miyashita K, Takagi T.1986. Study on the oxidative rate and prooxidant activityof free fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 63:1380 – 1384

- Mudawi HA,, Elhassan MSM , Sulieman AE.2014. Effect of Frying Process on Physicochemical Characteristics of Corn and Sunflower Oils. Food and Public Health 4(4): 181-184 DOI: 10.5923/j.fph.20140404.01
- Monro, J., Mishra, S.(2009). Chapter 13 – Nutritional Value Of Potatoes: Digestibility, Glycemic Index, And Glycemic Impact. J. Singh & L.Kaur(Ed.). Advances In Potato Chemistry And Technology (S. 371-394). San Diego: Academic Press
- Moreira, R. G., Sun, X., Chen, Y., 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. Journal of Food Engineering, 31: 485–98.
- Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E. And Barrufet, M. A., 1999, Deep-Fat Frying; Fundamentals and Applications, An Aspen Puplicaton, United States of America, 33-48.
- Negishi, H., Nishida, M., Endo, Y. And Fujimoto, K., 2003, Effect Of A Modified Deepfat Fryer On Chemical And Physical Characteristics Of Frying Oil, Journal of the American Oil Chemists’ Society, 80 (2), 163–166.
- Okur, A. 2008. Derin Yağda Kızartma İşleminin Bazı Bitkisel Sıvı Yağların Yağ Asidi Bileşimleri ile Oksidatif Stabiliteleri Üzerine Etkileri. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,115 sayfa, Tekirdağ.
- Önder, Ö., 2011. Derin Yağda Kızartma İşleminde Adsorbant Kullanımının Kızartmalık Yağların Kullanım Süreleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özgüven M, Kırıcı S. Farklı Ekolojilerde Nane (Mentha) Türlerinin Verim İle Uçucu Yağ Oran Ve Bileşenlerinin Araştırılması. Turk J Agric For. 1999; 23:465-72.
- Öztürk, M., 2004, Kullanılmış Bitkisel Ve Hayvansal Yağlar, Çevre Ve Orman Bakanlığı, 1-10.
- Özvural, E.B., (2003). İnteresterifiye Yağ Karışımlarının Düşük yağlı Sosis Üretiminde Kullanımının Araştırılması. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69 sayfa, Ankara.

- Passos, R.B.D., Bazzo, G.C., Almeida, A.D.R. and Noronha, C.M. 2019. Evaluation of oxidative stability of mayonnaise containing poly ϵ -caprolactone nanoparticles loaded with thyme essential oil. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 55, e18177, 16
- Perdones Á., Escriche I., Chiralt A., Vargas M.(2016). Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage. *Food Chem*, 197: 979-986.
- Pokorny, J., 1999, Changes Of Nutrients At Frying Temperatures: Frying Of Food, Oxidation, Nutrient And Non-Nutrient Antioxidants, Biologically Active Compounds And High Temperatures , Boskou, D. And Elmadfa, Í., Crc Press, Usa, 82-84.
- Psaltopoulou T., Naska A., Orfanos P., Trichopoulos D., Mountokalakis T. and Trichopoulou A. (2004). Olive Oil, The Mediterranean Diet, and Arterial Blood Pressure: The Greek European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) Study. *Am J Clin Nutr*; 80:1012-1018.
- Réblová, Z., Kudrnová, J., Trojáková, L., Pokornya, J.A.N. 1999. Effect of rosemary extracts on the stabilization of frying oil during deep fat frying. *Journal of Food Lipids*, 6: 13-23.
- Ramli, N., Nafar, M. and Jaswir, I. (2012). Oxidative Stability of Blend Oil during Deepfat Frying of Potato Chips, *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(9), 730-734.
- Rios, J. L. 2016. Essential oils: What they are and how the terms are used and defined. In: *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Preedy, V. R.(ed), Academic Press, 3-10, USA.
- Saguy, I. S. And Dana D., 2003, Integrated Approach To Deep Fat Frying: Engineering, Nutrition, Health And Consumer Aspects, *Journal of Food Engineering*, 56, 143–152
- Saoudi, S., Chammem, N., Sifaoui, I., Jiménez, I.A., Lorenzo-Morales, J., Piñero, J.E. and L Bazzocchi, I. 2017. Combined effect of carnosol, rosmarinic acid and thymol on the oxidative stability of soybean oil using a simplex centroid mixture design. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (10), 3300-3311.
- Sambanthamurthi R, Sundram K, Tan YA. Chemistry and biochemistry of palm oil. *Prog Lipid Res* 2000; 39(6): 507-58.

- Serjouie, A., Tan, C.P., Mirhosseini, H. And Che Man, Y. B., 2010, Effect Of Vegetablebased Oil Blends On Physicochemical Properties Of Oils During Deep-Fat Frying, American Journal Of Food Technology, 5 (5), 310-323.
- Singh R, Ong-Abdullah M, Low ETL, Manaf MAA, Rosli R, Nookiah R, et al. Oil palm genome sequence reveals divergence of interfertile species in Old and New worlds. Nature 2013; 500(7462): 340-44.
- Stahl-Biskup, E., Venskutonis, R. P. 2012. Thyme, In: Handbook of herbs and spices (Second Edition). Peter, K. V. (ed), Woodhead Publishing, 499-525, UK.
- Suja, K.P. Abraham, J.T., Thamizh, S.N., Jayalekshmy, T.A., Arumughan, C. 2004. Antioxidant efficacy of susame cake extract in vegetable oil protection. Food Chemistry, 84:393-400.
- Şahan, A. 2012. Farklı zamanlarda hasat edilen ekinezya (*Echinacea pallida*) bitkisinin biyoaktif özellikleri ve bitkisel yağların stabilitesi üzerine etkisi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 118. Sayfa. Kayseri.
- Tabar, B. 2015. Ayçiçek yağının oksidatif stabilitesi üzerine farklı bitkisel ekstraktların etkisi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 82 sayfa. Iğdır.
- Tanker, M., Tanker, N. 1990. Farmakognozi. Cilt.2. Ankara Üniv. Eczacılık Fakültesi Yayınları. Yayınno:65, Ankara.
- Tarhan Ö.,2008, Türkiye’de Sıklıkla Tüketilen Yemeklik Yağların ve Yağlı Tohumların Yağ Asidi Bileşimlerinin Gaz Kromatografisi ile Analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,58 sayfa. Trabzon
- Tajner-Czopek, A., Figiel, A., Carbonell-Barrachina A. “Effects Of Potato Strip Size And Pre-Drying Method On French Fries Quality”, Eur Food Res Techno 227: 757-766, (2008)
- Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., Schömig, E. “Influence Of Processing Parameters On Acrylamide Formation During Frying Potatoes”, Journal Of Agricultural And Food Chemistry, 52: 2735-2739, (2004).

- Tarmizi, A. H.A, Ismail, I., 2008. Comparison of the frying stability of standard palm olein and special quality palm olein. Journal of American of Oil Chemists' Society, 85(3): 245–251.
- Tarmizi AHA, Lin SW. 2008. Quality assessment of palm products upon prolonged heat treatment. J Oleo Sci ,57(12): 639-648.
- Tohma, S. and Turan, S. 2015. Rosemary plant (*Rosmarinus officinalis* L.), solvent extract and essential oil can be used to extend the usage life of hazelnut oil during deep frying. European Journal of Lipid Science and Technology, 117(12), 1978-1990.
- Tuta S., 2009. Dondurulmuş Patates Dilimlerine Uygulanan Mikrodalga İle Ön-Çözdürme İşleminin Parmak Patatesin Akrilamid İçeriği Ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 68 sayfa, Mersin.
- Ulusal Beslenme Konseyi Yağ Bilim Komisyonu Raporu, Ankara, 2022, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1225, Ankara.
- Uslu, N. 2014. Kızartma tekerrür sayısının farklı bitkisel yağların fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 76 sayfa, Konya.
- Velasco, J. And Carmen, D., 2002, Oxidative Stability Of Virgin Olive Oil, Eur. J. Lipid Sci. Technol., 104, 661–676.
- Warner K., Gehring M., High-Temperature Natural Antioxidant Improves Soy Oil for Frying, Journal of Food Science September 2009, 74(6):C500-5
- Yetim H, Kesmen Z, 2015, Gıda Analizleri, Erciyes Üniversitesi Yayınları No: 163, Kayseri, 346, ISBN 978-975-6478-45-5.
- Yıldız, A. 2005. Patateslerin Kızartılması Sırasında Isı ve Kütle Transfer Parametrelerinin Belirlenmesi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 89 sayfa, Mersin.
- Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F. and Liu, F. 2010. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. Food Chemistry, 118 (3), 656-662.

EKLER :Ön kızartma işleminde kullanılan kontrol ve değişik oranlarda (biberiye-kekik-nane) uçucu yağı ilave edilmiş palm yağı örneklerine ait yağ asidi bileşenlerine ait kromatogramlar

EK 1. Kontrol (uçucu yağ içermeyen) palm yağı örneğine ait kromatogram

EK 2. % 1,00 Kekik uçucu yağı içeren palm yağı örneğine ait kromatogram

EK 3. % 1,00 Biberiye uçucu yağı içeren palm yağı örneğine ait kromatogram

EK 4. % 0,50 Nane uçucu yağı içeren palm yağı örneğine ait kromatogram



Data File C:\CHEM32\1\DATA\YAK2024\2024-07-02\NNSFR.D
Sample Name: nnsfr

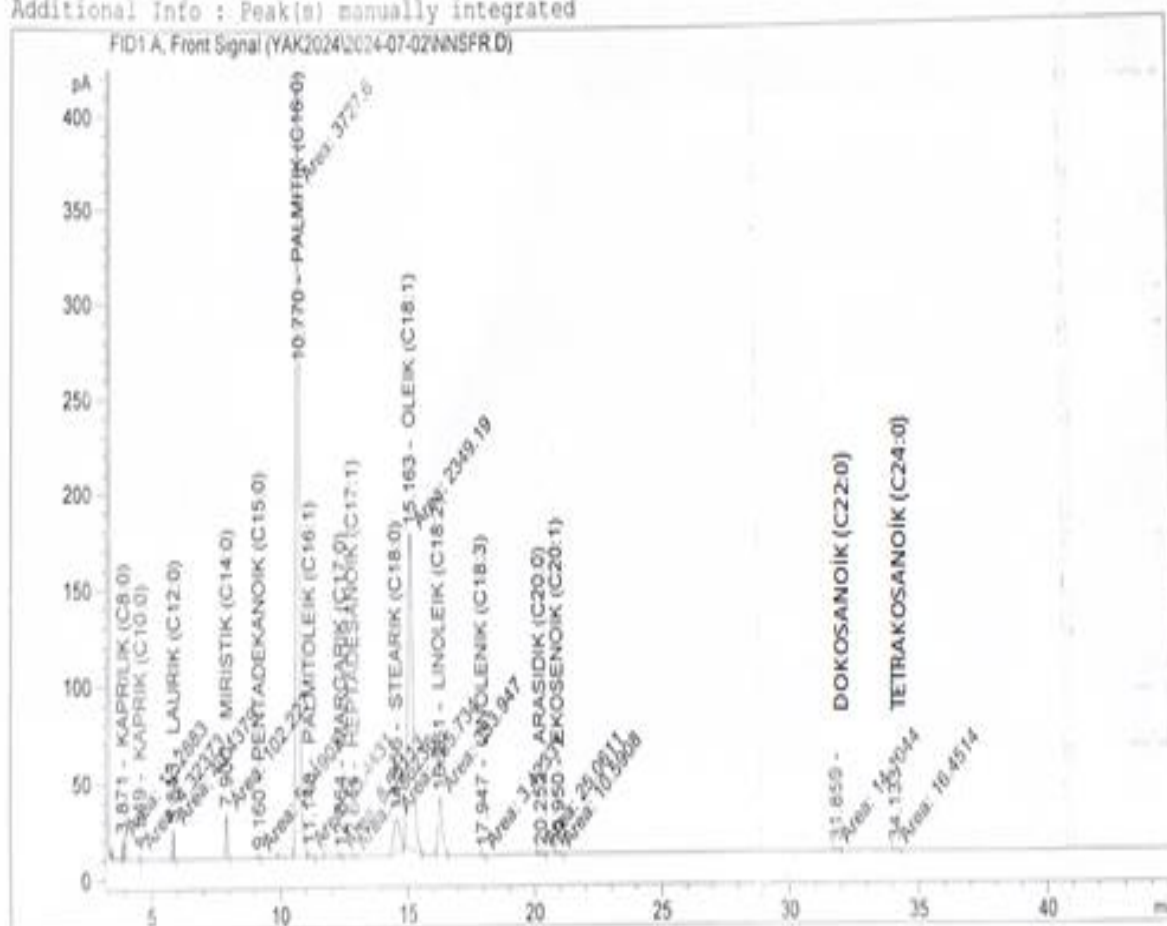
```

=====
Acq. Operator   :                               Seq. Line :    2
Acq. Instrument : Instrument 1                  Location  : Vial 102
Injection Date  : 7/2/2024 10:18:12 AM          Inj       :    1
                                                Inj Volume: 1 µl

Acq. Method     : C:\CHEM32\1\DATA\YAK2024\2024-07-02\YAKK300414.M
Last changed    : 4/4/2024 10:59:40 AM
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\YAK_NEW METHOD_100615-2.M
Last changed    : 8/6/2024 4:36:46 PM
                  (modified after loading)

Sample Info     : nnsfr
  
```

Additional Info : Peak(s) manually integrated



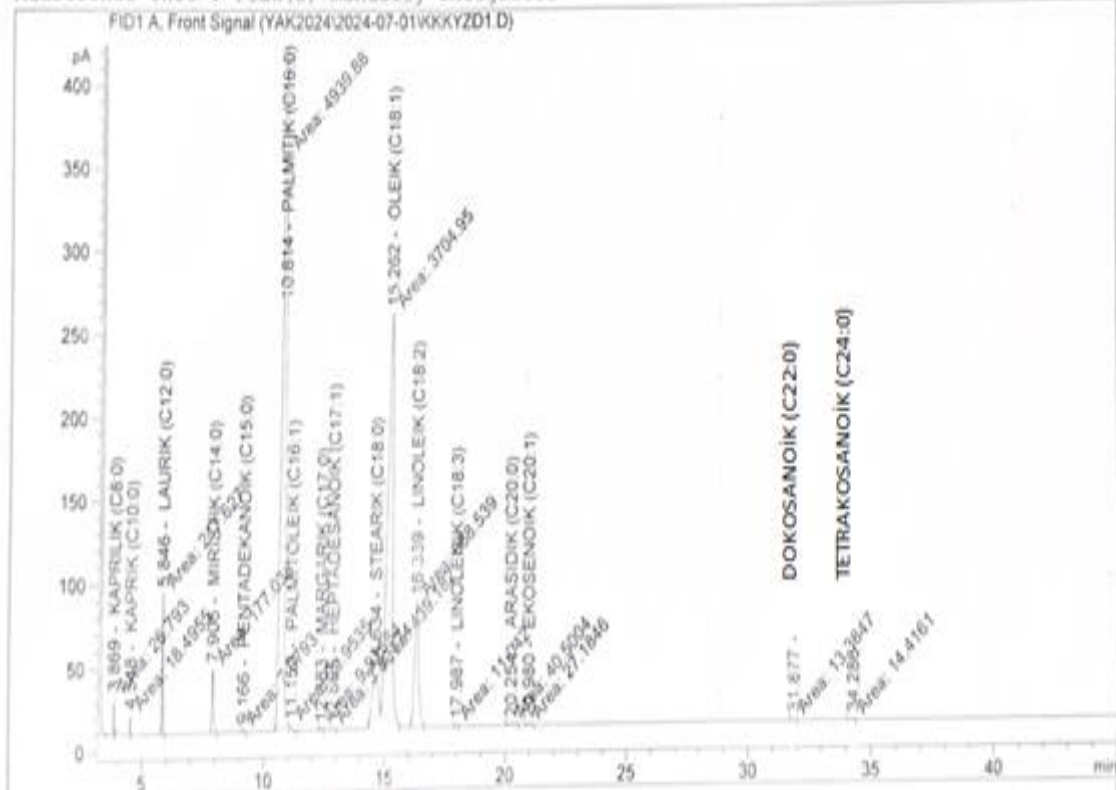
Data File C:\CHEM32\1\DATA\YAK2024\2024-07-01\KKKYZD1.D

Sample Name: kkkyzd1

```
=====
Acq. Operator   :                               Seq. Line :    4
Acq. Instrument : Instrument 1                  Location  : Vial 104
Injection Date  : 7/1/2024 5:28:41 PM           Inj       :    1
                                                Inj Volume: 1 µl

Acq. Method     : C:\CHEM32\1\DATA\YAK2024\2024-07-01\YAKK300414.M
Last changed    : 4/4/2024 10:59:40 AM
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\YAK_NEW METHOD_100615-2.M
Last changed    : 8/6/2024 4:48:13 PM
                  (modified after loading)
Sample Info     : kkkyzd1
```

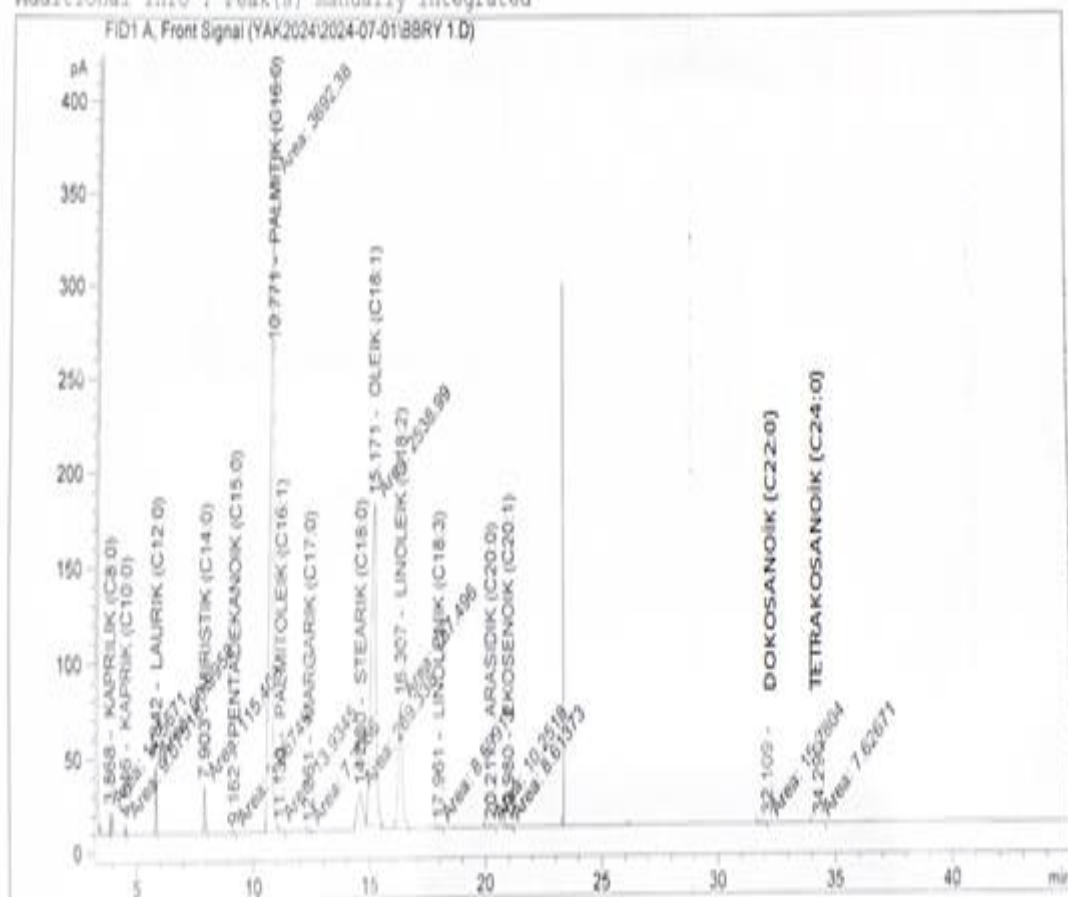
Additional Info : Peak(s) manually integrated



Sample Name: bbrv 1

```
Acq. Operator   :                               Seq. Line :    1
Acq. Instrument : Instrument 1                  Location  : Vial 101
Injection Date  : 7/1/2024 2:15:24 PM          Inj       :    1
                                                Inj Volume : 1 µl
Acq. Method     : C:\CHEM32\1\DATA\YAK2024\2024-07-01\YAKK300414.M
Last changed    : 4/4/2024 10:59:40 AM
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\YAK_NEW METHOD_100615-2.M
Last changed    : 8/6/2024 4:42:42 PM
                (modified after loading)
Sample Info     : bbr1
```

Additional Info : Peak(s) manually integrated



Data File C:\CHEM32\1\DATA\YAK2024\2024-07-02\NN050.D
Sample Name: nn050

=====

Acq. Operator :	Seq. Line : 5
Acq. Instrument : Instrument 1	Location : Vial 104
Injection Date : 7/2/2024 1:31:24 PM	Inj : 1
	Inj Volume : 1 µl
Acq. Method : C:\CHEM32\1\DATA\YAK2024\2024-07-02\YAKK300414.M	
Last changed : 4/4/2024 10:59:40 AM	
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\YAK_NEW METHOD_100615-2.M	
Last changed : 8/6/2024 4:42:42 PM	
	(modified after loading)
Sample Info : nn050	

Additional Info : Peak(s) manually integrated

