



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKİŞ BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HALKA TATLI YAPIMINDA KULLANILAN YAĞLARDA
KIZARTMA İŞLEMİNİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**BÜŞRA KARADUMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ**



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKER BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HALKA TATLI YAPIMINDA KULLANILAN YAĞLARDA
KIZARTMA İŞLEMİNİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**BÜŞRA KARADUMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi MURAT REİS AKKAYA**

ADANA, 2023

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Bu tezin özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışa uygun olarak elde edilerek sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, tez kapsamında bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde bu çalışmaya özgün olmayan tüm veri ve bilgiler için bilimsel etik ve gelenek çerçevesinde kaynak gösterdiğimi; bu kaynakları da kaynakçada belirttiğimi beyan ederim. Çalışmam ile ilgili yaptığım beyana aykırı bir durum saptanması halinde tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

12/01/2023

[İmza]

Büşra KARADUMAN

ÖZET

HALKA TATLI YAPIMINDA KULLANILAN YAĞLARDA KIZARTMA İŞLEMİNİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Büşra KARADUMAN

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA

Ocak 2023, 72 sayfa

Halka tatlı ülkemizde çok tercih edilen sokak tatlılarından biridir. Hazırlanan hamur karışımının yağda kızartılmasıyla servise sunulan bir tatlıdır. Kızartma işlemi sırasında yağ kimyasal reaksiyonlardan geçer. Bunlar lipit hidrolizi, oksidasyon, polimerizasyon ve izomerizasyon gibi reaksiyonlardır. Bu reaksiyonlar, kızartma yağı kalitesini bozan zararlı bileşik üretir. Kızartma işlemi sonrasında yağ asitleri ve trans izomerleri oluşumu gerçekleşir. Trans yağ asitlerinin oluşum derecesinde; ortamın sıcaklığı ve hidrojen sağlığı, gazın basıncı ve dağılım derecesi, katalizör çeşidi aktifliği ve miktarı etkili olmaktadır.

Bu araştırmada halka tatlı yapımında kullanılan kızartma yağlarının, kızartma işlemiyle beraber yağın değişen fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri ve trans yağ asitleri belirlenmiştir. Bu amaçla Adana ilinde 15 farklı halka tatlı üreticisinden kızartma öncesi ve sonrasına ait yağ örnekleri toplanmıştır. Elde edilen yağ örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri kalite açısından değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında yağların kırılma indisi, serbest yağ asidi, peroksit miktarı, renk analizi, sabunlaşma miktarı, iyot sayısı ve yağ asidi profilleri analiz edilmiştir.

Analiz sonucunda kırılma indisi değeri 1.4735'den 1.4744'e, serbest yağ asidi miktarı 0.43 mg KOH/g yağ'dan 2.32 mg KOH/g yağ'a, peroksit miktarı 4.25 meq g O₂/kg yağ'dan %6.52 meq g O₂/kg yağ'a, sabunlaşma miktarı 193.52 mg KOH/g yağ'dan 256.90mg KOH/g yağ'a, b* değeri 10.53'den 33.21'e, c değeri 10.81'den 33.56'ya, trans yağ asidi olan elaidik asit miktarı %0.1969'dan %0.3109'a, linolelaidik asit miktarı %0.2724'den %0.2858'e düzenli olarak artmıştır. a* değeri -2,38'den -3,24'e, L* değeri 95,83'den 91.68'e, h değeri ise 102.82'den 98.64'e azalmıştır. Aynı zamanda iyot sayısı da 121.58'den 117.38'e azalmıştır.

Yapılan çalışma sonrasında halka tatlıda yapılan kızartma işleminin yağ kalite değerlerinde belirgin bir azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Bu dönüşümlerin insan sağlığına olumsuz etkileri vardır. Bu sebeple halka tatlı tüketiminin sınırlı tutulması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Halka tatlı, kızartma yağı, trans yağ asidi, yağ asitleri, yağ kalitesi



ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF FRYING PROCESS IN OIL USED IN MAKING RING DESSERT

Büşra KARADUMAN

M.Sc. Department of Food Engineering

Advisor: Assist. Prof. Dr. Murat Reis AKKAYA

January 2023, 72 pages

Halka dessert is one of the most preferred street desserts in our country. It is a dessert served by frying the prepared dough mixture in oil. During the deep-frying process, the oil goes through chemical reactions. These are reactions such as lipid hydrolysis, oxidation, polymerization and isomerization. These reactions produce harmful compound that degrades frying oil quality. After frying, fatty acids and trans isomers are formed. In the degree of formation of trans fatty acids; the temperature and hydrogen health of the environment, the pressure and distribution degree of the gas, the activity and amount of the catalyst type are effective.

In this study, the physical and chemical properties and trans fatty acids of the frying oils used in making halka desserts, which change with the frying process, were determined. For this purpose, oil samples were collected before and after frying from 15 different halka dessert producers. The physical and chemical properties of the obtained oil samples were evaluated in terms of quality. Within the scope of the study, the refractive index, free fatty acid, peroxide amount, colour analysis, iodine analysis, saponification amount and fatty acid profiles of the oils were analysed.

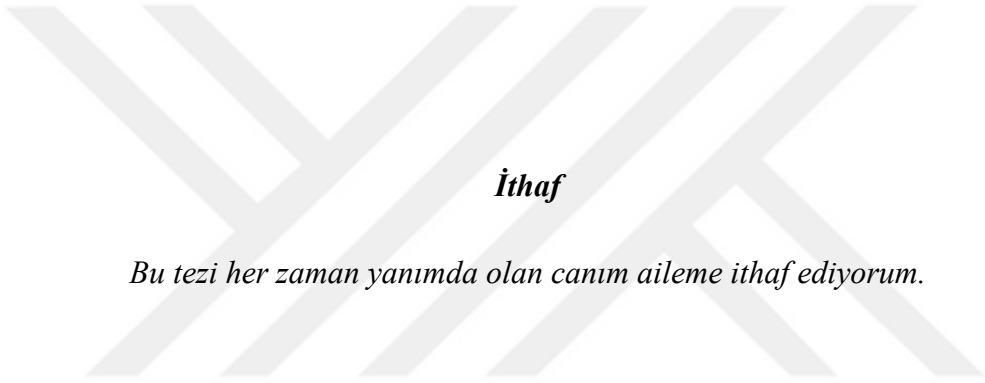
As a result of the analysis, the refractive index value increased from 1.4735 to 1.4744, the amount of free oil increased from 0.43 mg KOH/g oil to 2.32 mg KOH/g oil, the amount of peroxide increased from 4.25meq g O₂/kg oil to 6.52 meq g O₂/kg oil, the saponification amount increased from 193.52 mg KOH/g oil to 256.90 mg KOH/g oil, the b* value increased from 10.53, c value increased regularly from 10.81 to 33.56, the amount of elaidic acid, which is a trans fat, increased from %0.1969 to %0.3109, the amount of linolelaidic acid increased

from %0.2724 to %0.2858, the a^* value decreased from -2.38 to -3.24, L^* value decreased from 95.83 to 91.68, and h value decreased from 102.82 to 98.64. At the same time, the iodine count decreased from 121.58 to 117.38.

After the study, it was determined that the frying process in the halka dessert caused a significant decrease in the oil quality values. These transformations have negative effects on human health. For this reason, it is recommended to limit the consumption of halka dessert to the public.

Keywords: Halka dessert, frying oil, trans fatty acid, fatty acids, oil quality





İthaf

Bu tezi her zaman yanımda olan canım aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana destek olan danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA'ya, değerli ilgisini, zamanını ve önerilerini göstermekten kaçınmayan kıymetli hocam Arş. Gör. Burçak TÜRKER'e, çalışmamda bana destek olan gıda mühendisliği öğretim elemanlarına, samimi dostluğunu her daim hissettiğim, her zaman yanımda olan sevgili arkadaşım Göksu Gökçe'ye ve her zaman yanımda olan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Bu tez 21332001 proje numarası ile Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ ONAY SAYFASI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANNAMESİ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
<i>İthaf</i>	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xii
KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Yağlar	3
2.1.1. Yağ asitleri	3
2.1.1.1. Trans Yağ	5
2.1.1.1.1. Trans yağ asitlerinin insan sağlığı üzerine etkileri	6
2.2. Kızartma İşlemi	7
2.3. Tatlılar	9
2.3.1. Halka Tatlısı	9
2.4. Yapılan Önceki Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Malzemeler	16
3.1.1. Yağ Örnekleri	16
3.1.2. Kimyasallar	17
3.1.2.1. Serbest Yağ Asiti Tayininde Kullanılan Kimyasallar	17
3.1.2.2. Peroksit Tayininde Kullanılan Kimyasallar	18
3.1.2.3. Sabunlaşma Tayininde Kullanılan Kimyasallar	18
3.1.2.4. Yağ Asidi Kompozisyonu Tayininde Kullanılan Kimyasallar	18
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Yağda Kırılma İndisi Tayini	18

3.2.2. Renk Tayini	19
3.2.3. Serbest Yağ Asitliği Tayini	20
3.2.4. Peroksit Tayini	21
3.2.5. Sabunlaşan Madde Tayini	23
3.2.6. Yağ Asidi Kompozisyonu Tayini	23
3.2.7. İyot Sayısı Analizi	24
3.2.8. İstatistiksel Analizler	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Kırılma İndisi Sonuçları	25
4.2. Serbest Yağ Asidi Analizi Sonuçları	28
4.3. Yağda Peroksit Sayısı Sonuçları	31
4.4. Yağda Sabunlaşma Analizi Sonuçları	34
4.5. İyot Sayısı Analizi	36
4.6. Renk Analizi Sonuçları	39
4.6.1. L* Parlaklık Değeri	41
4.6.2. a* Kırmızılık Değeri	42
4.6.3. b* Sarılık Değeri	43
4.6.4. c* Doygunluk Değeri	44
4.6.5. h Ton Rengi Değeri	44
4.7. Yağ Asidi Kompozisyonu Analizi Sonuçları	45
4.7.1. Elaidik Asit	0
4.7.2. Linolelaidik Asit	1
4.7.3. Miristik Asit	4
4.7.4. Palmitik Asit	6
4.7.5. Stearik Asit	7
4.7.6. Araşidik Asit	8
4.7.7. Behenik Asit	10
4.7.8. Lignoserik Asit	11
4.7.9. Palmitoleik Asit	13
4.7.10. Oleik Asit	14
4.7.11. cis-11- Eicosenoic Asit	15
4.7.12. Linoleik Asit	17
4.7.13. Linolenik Asit	18

5. SONUÇLAR	20
6. ÖNERİLER	22
KAYNAKÇA	23



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Trigliserit Sentezi.....	3
Şekil 2. Doymuş ve Doymamış Yağ Asitleri.....	4
Şekil 3. Cis ve Trans İzomerler.....	5
Şekil 4. Cis ve Trans Konfigürasyon	5
Şekil 5. Halka Tatlısı.....	10
Şekil 6. Halka Tatlı Yapım Aşamaları	12
Şekil 7. Kızartma Öncesi ve Sonrasına Ait Yağ Numuneleri	17
Şekil 8. Kırılma İndisi Analizi Aşamaları.....	19
Şekil 9. Renk Analizi Aşamaları.....	20
Şekil 10. Serbest Yağ Asitliği Analizi Aşamaları.....	21
Şekil 11. Peroksit Sayısı Analizi Aşamaları	22
Şekil 12. Sabunlaşan Madde Analizi Aşamaları.....	23

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Halka Tatlısı Hamur Formülasyonu.....	11
Tablo 2. Halka Tatlısı Şerbet Formülasyonu.....	11
Tablo 3. Kızartma Yağ Örneklerinin Kodlaması.....	16
Tablo 4. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağ numunelerine ait kırılma indisi sonuçları	25
Tablo 5. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait serbest yağ asidi analizi sonuçları	28
Tablo 6. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait peroksit sayısı analizi sonuçları....	32
Tablo 7. Kızartma öncesi ve kızartma sonrasına yağlara ait sabunlaşma tayini sonuçları.....	35
Tablo 8. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağların doymamış yağ asidi oranları	37
Tablo 9. Kızartma öncesi ve kızartma sonrasına ait yağların iyot analizi sonuçları	38
Tablo 10. Kızartma öncesi kullanılan yağlarda renk analizi sonuçları.....	40
Tablo 11. Kızartma sonrası kullanılan yağlarda renk analizi sonuçları	41
Tablo 12. Kızartma öncesine ait yağların genel yağ asidi inceleme tablosu	45
Tablo 13. Kızartma sonrasına ait yağların genel yağ asidi inceleme tablosu.....	46
Tablo 14. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait elaidik asit sonuçları.....	0
Tablo 15. Kızartma öncesi ve kızartma sonrasına ait yağların linoelaidik asit sonuçları	2
Tablo 16. Kızartma öncesi ve kızartma sonrasına ait yağların miristik asit sonuçları	5
Tablo 17. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait palmitik asit sonuçları	6
Tablo 18. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait stearik asit sonuçları	8
Tablo 19. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait araşidik asit sonuçları	9
Tablo 20. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait behenik asit sonuçları	10
Tablo 21. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait lignoserik asit sonuçları.....	12
Tablo 22. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait palmitoleik asit sonuçları	13
Tablo 23. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait oleik asit sonuçları.....	15
Tablo 24. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait cis-11-eicosenoik asit sonuçları .	16
Tablo 25. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait linoleik asit sonuçları	17
Tablo 26. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait linolenik asit sonuçları	19

KISALTMALAR

ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi
ATR	: Zayıflatılmış Toplam Yansıma
2D ATR	: 2 Boyutlu Zayıflatılmış Toplam Yansıma
ÇDYA	: Çoklu Doymamış Yağ Asidi
DYA	: Doymuş Yağ Asidi
DMYA	: Doymamış Yağ Asidi
FA	: Yağ Asidi
FAME	: Yağ Asidi Metil Esterleri
GC	: Gaz Kromatografisi
GC-FID	: Alev İyonizasyon Detektörü İle Birleştirilmiş Gaz Kromatografisi
SPSS	: Sosyal Bilimciler İçin İstatistik Programı
TDYA	: Tekli Doymamış Yağ Asidi
TFA	: Trans Yağ Asidi
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Gıda ürünleri, insanların yaşamsal faaliyetlerini sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmek için tüketmeleri zorunlu olan temel maddeler olarak tanımlanmaktadır (Aksulu, 2001). Vücudun işlevlerini devam ettirebilmesi ve sağlığın korunması için gerekli besinleri alınması beslenme olarak adlandırılır (Güler, 2021). Geçmişten günümüze bölgelere göre farklı farklı yemek kültürü gelişmiştir. Farklı bölgelere ait yemek zenginliğinin farklı bir şekilde gözlemlendiği alanlardan birisi de sokak lezzetleridir. Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre sokak lezzetleri sokak satıcıları tarafından sokaklarda veya halka açık yerlerde hazırlanan ve/veya satılan yiyecek ve içecekler olarak tanımlanmaktadır (WHO, 1996). Bölgemizde en çok tercih edilen sokak lezzetlerinden birisi ise halka tatlıdır. Halka tatlı Türkiye'nin her yerinde satılan ve kolay hazırlanan sokak tatlısıdır. Ucuz ve lezzetli olduğu için yerel halk tarafından sıklıkla tercih edilen şerbetli sokak tatlılarından biridir. Hazırlanan hamur karışımı yağda kızartılır ve şerbete batırılıp ardından servise sunulur.

Tatlı hamurunun kızartılması işleminde, hazırlanmış ve kızartılacak hamur ısıtılmış yağa (170-200°C) daldırılır. Gıdaların kızartılması işleminde kızartma yağı yüksek sıcaklıkta ardi ardına kullanıldığı takdirde, yağda istenmeyen bazı kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir. Bunlar lipid hidrolizi, polimerizasyon, oksidasyon ve izomerizasyon gibi reaksiyonlardır. Bu reaksiyonlar sonucunda kızartma yağı kalitesini bozan bazı bileşikler oluşur. Bu bileşikler heterosiklikaminler, trans yağ asitleri ve polar bileşikler gibi birkaç zararlı bileşiktir. Kızartma işlemi sırasında da bu bileşiklerde (polar bileşikler, serbest yağ asitleri ve trans yağ asitleri (TFA'lar) gibi artış olur. Fakat tam tersi olarak doymuş yağ asitleri ise azalır ve doymamış yağ asitleri artar. Kızartma işlemi sonrasında serbest yağ asitleri ve trans izomerleri oluşumu meydana gelir (Rakıcıoğlu, 1988).

Bu araştırmada halka tatlı yapımında kullanılan kızartma yağlarında kızartma işlemiyle beraber yağın değişen bazı kalite özellikleri ve trans yağ asitleri araştırılmıştır. Bu amaçla Adana ilinden farklı halka tatlı üreticilerinden kızartma öncesi ve sonrası yağ örnekleri toplanmıştır. Elde edilen yağ örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri kalite açısından değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında farklı üreticilerden toplanan halka tatlı yapımında kullanılan kızartma öncesi ve kızartma sonrasında ait yağların analizleri yapılmıştır.

Bu analizler kırılma indisi analizi, renk analizi, serbest yağ asidi analizi, peroksit analizi, sabunlaşan madde analizi, iyot sayısı ve yağ asidi kompozisyonu analizleridir.

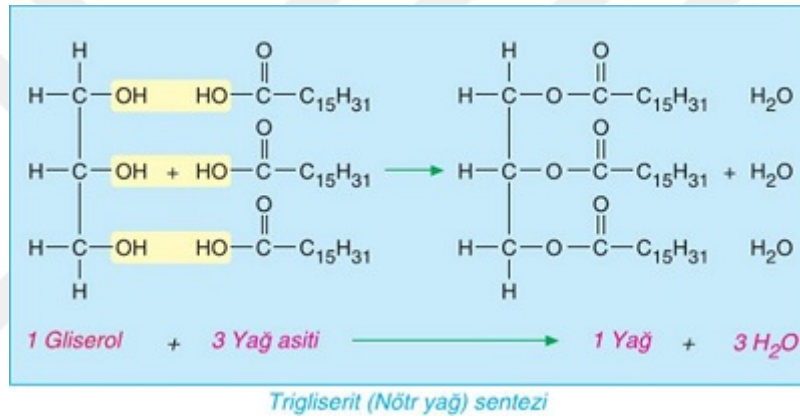


2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde yağların, kızartma işleminin ve halka tatlısının genel özellikleri ve üretimi hakkında bilgi verilerek, daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

2.1. Yağlar

Yağ gliserol ve üç yağ asidinden oluşan bir esterdir (Şekil 1). Triglicerit adıyla da bilinir. Yağlar insan ve hayvan diyetlerinde önemli yer tutan temel bileşenlerden biri olmakla beraber, tüketildiğinde de en yüksek enerjiyi veren ögedir. Enerji depolamak için en uygun bileşen yağdır. Yağlar suda çözünmezler fakat organik çözücülerde (eter, benzen, kloroform) çözünebilirler (Özdemir, 2003).

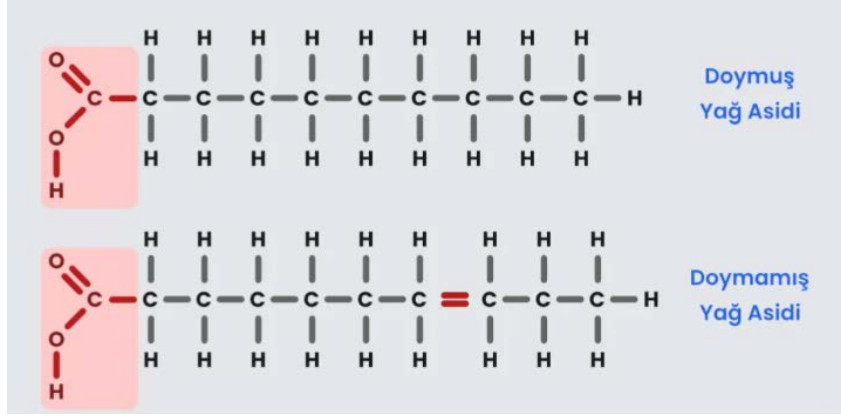


Şekil 1. Triglicerit Sentezi

Katı ve sıvı yağların temelini yağ asitleri oluşturmaktadır. Yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için içerdikleri yağ asitlerinin kompozisyonu dikkate alınmaktadır. (Karaca, 2007).

2.1.1. Yağ asitleri

Lipitler, yağ asidi zincirlerinden oluşur. Zincirin bir ucunda karboksil (COOH) grubu, diğer ucunda metil (CH₃) grubu, ortasında farklı uzunlukta olan hidrokarbon bulunmaktadır (Keha, 2000). Yağ asidi genelde uzun, alifatik kuyruklu bir karboksilik asittir. Yağ asitleri ve gliserol besin yağlarını oluşturur. Yağ asitleri genellikle doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak ayrılır (Şekil 2). Doymamış yağ asitleri ise tekli doymamış veya çoklu doymamış olarak sınıflandırılır (Selçuk, 2010).



Şekil 2. Doymuş ve Doymamış Yağ Asitleri

Yağların yapısında bulunan yağ asitleri yağların özelliklerini belirler. Yağ asitleri arasında iki izomerik yapı vardır. Bunlar geometrik ve pozisyon izomerleridir. Geometrik izomerizm çift bağların etrafındaki karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna göre şekillenen bir izomerizm şeklidir (Selçuk, 2010).

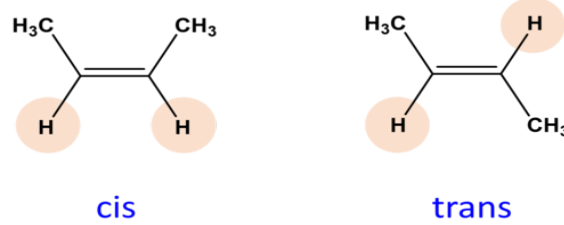
Yağ asitleri moleküldeki karbon atomu sayısı, doymuşluk derecesi, karbon atomları arasındaki çift bağ sayısı ve karbon atomlarına bağlı hidrojenlerin pozisyonuna göre sınıflandırılabilir (Karaca, 2007). Yağ asitleri temelde doymuş ve doymamış olmak üzere 2 gruba ayrılır.

Doymuş yağ asitlerinin yapısında karbon atomları arasında çift bağ yoktur. Oda sıcaklığındaki şartlarda doymuş yağ asitlerinden oluşan yağların çoğunluğu katı, doymamış yağ asitlerinden oluşan yağlar ise sıvı halde bulunur. Doymuş yağların tüketiminin azaltılmasıyla kalp damar hastalıkları risk faktörlerinin de azaldığı gözlemlenmiştir (Samur, 2006).

Doymamış yağ asitlerinin yapısında karbon atomları arasında en az bir çift bağ bulunur. Eğer zincirde bir çift bağ var ise tekli doymamış yağ asitleri (TDYA), birden fazla çift bağ var ise çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) olarak adlandırılır. Gıdalarda genel olarak en fazla bulunan TDYA oleik asit ve ÇDYA ise linoleik asittir (Semma, 2002). ÇDYA insan vücudunda sentezlenemez. Bu sebeple ÇDYA'nın gıdalarla birlikte alınması gerekmektedir (Mol, 2007).

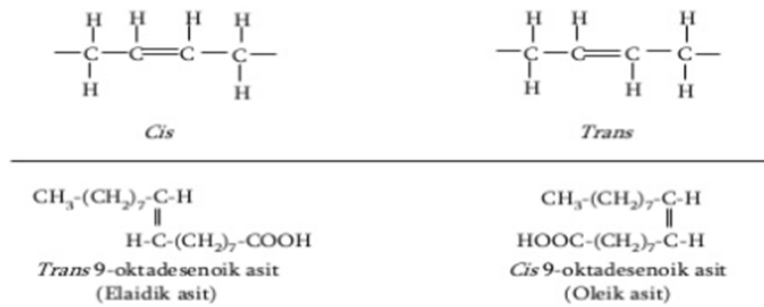
2.1.1.1. Trans Yağ

Doymamış bir yağ asidi zincirinde bulunan çift bağın etrafında cis ve trans konfigürasyonu oluşabilir (Semma,2002). Bağın etrafında bulunan hidrojen atomları karbon zincirinin aynı tarafında ise *cis*, aksi yönlerde ise *trans* izomerler ortaya çıkar (Şekil 3).



Şekil 3.Cis ve Trans İzomerler

Trans yağlar erime noktası ve termodinamik stabilitesi daha yüksek olan farklı fiziksel özellikte sert bir molekül ortaya çıkarmaktadır (Pehlivanlı, 2016). Trans yağ asidinin erime noktasının cis formuna göre oldukça yüksek olmasından dolayı sindirilebilirlik süresi uzamaktadır (Çakmakçı, 2012). Aynı sayıda C, H ve O atomlarına sahip olan iki izomer farklı üç boyutlu yapılaraya sahip olmaktadır. Örneğin elaidik (trans oleik) ve oleik asitler birbirlerinin geometrik izomerleridir. Elaidik asit trans konfigürasyonda, oleik asit ise cis konfigürasyondadır (Şekil 4) (Anon,2021).



Şekil 4.Cis ve Trans Konfigürasyon

Diyet trans yağları arasında metilen kesintili çift bağlara sahip tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ve konjuge çift bağlara sahip izomerler bulunur. Bu trans yağlar, işkembede gerçekleşen biyohidrojenasyonun bir sonucu olarak geniş getiren hayvan etinde ve sütünde doğal olarak bulunur. Aynı zamanda belirtilen trans yağlar margarin ve katı yağ gibi yağ

karışımları üretmek için gerçekleşen kısmi hidrojenasyon, deodorizasyon/buhar distilasyonu veya yağda kızartma işlemlerinde de oluşur (Sebedio, 2008).

Trans-oktadesenoik asit izomerleri (trans 18:1), insan beslenmesindeki en önemli trans yağ asitleri grubudur. Elaidik asit ve vaksenik asit ana izomerlerdir (Sebedio, 2008). Konjuge linoleik asit ve vaksenik asit (trans-11-18:1) sığır eti ve süt ürünlerinde doğal olarak bulunan başlıca trans yağ asitlerindendir (Taşan, 2005). Vaksenik asit her zaman ana izomerdir. 9t-18:1 ve 10t-18:1 izomerleri nispeten düşük miktarlarda ortaya çıkar (Sebedio,2008). Hidrojenasyon işlemi sonucunda oluşan trans yağ asitlerinin yaklaşık %90 oranındaki önemli bir bölümünü tekli doymamış yağ asidi olan trans oleik asit (elaidik asit) oluşturmaktadır.

Çoklu doymamış yağ asitleri birçok ısıl işleme maruz kalır. Bu işlemler sıvı yağların rafine edilmesi sırasında buharla koku giderme veya derin yağda kızartma gibi ısıl işlemlerdir. Bu işlemler sonucunda hidrojenlenmemiş yağlarda bulunan linoleik ve α -linolenik asit izomerleri oluşmaktadır (Sebedio, 2008).

2.1.1.1.1. Trans yağ asitlerinin insan sağlığı üzerine etkileri

Trans yağ asitlerinin Low Density Lipoprotein (LDL) kolesterol seviyesini yükselttiği, High Density Lipoprotein(HDL) kolesterol seviyesini ise düşürdüğü belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da koroner kalp hastalığı riskinin arttığı çeşitli araştırmalarla belirlenmiştir (Mensink, 1990). Trans yağ asidi tüketiminin çok zararlı olup düşük doğum riskine sebep olduğu bilinmektedir. Trans yağ asitleri emzirme sırasında süt yoluyla anneden bebeğe geçebilmektedir (Olçay, 2012). Ayrıca bağışıklık sistemi, anne sütü ve şeker hastalığı üzerine de olumsuz etkileri olduğu gözlemlenmektedir (Besler, 2007). Trans yağ asitlerinin erime noktası cis formuna göre daha yüksektir. Bu sebeple sindirilebilirlik süresi fazla olmaktadır (Kayahan, 2009). Cis formunun erime noktası 13-14°C, trans formunun erime noktası ise 44-45°C'dir (Tekin, 2007). Trans yağ asidi miktarları tüketici sağlığını yakından ilgilendirmektedir. Bu sebeple çeşitli yağlar ve yağ oranı yüksek gıda maddeleri için yasal üst limitlerin belirlenmesi zorunludur (Taşan, 2005).

Semma ve ark. (2002) yaptıkları çalışma sonucunda trans yağ asidi miktarlarını süt ve süt ürünlerinde %1.9-7.9 arasında, geviş getiren hayvan etlerinde %2.0-10.6 arasında olduğunu belirlemişlerdir.

2.2.Kızartma İşlemi

İnsanın büyüme, gelişme ve sağlıklı olarak yaşamını sürdürmesi için farklı türde besin ögesine gereksinimi vardır. Besinler farklı şekillerde işlendikten sonra tüketilebilir. Bunlardan birisi de kızartma işlemidir. Kızartma işlemi gerçekleşirken, kızartılacak gıda maddesi ısıtılmış yağa (170-200°C) daldırılır. Gıda maddesi yüksek sıcaklıkta fazlaca kızartıldığında, yağ kimyasal reaksiyonlardan geçer. Bunlar lipit hidrolizi, oksidasyon, polimerizasyon ve izomerizasyon gibi reaksiyonlardır.

Lipit hidrolizi; kimyasal ve enzimatik yolla iki yoldan oluşur. Hidroliz sonucunda serbest yağ asitleri, monogliseritler, digliseritler ve gliserol oluşur. Kimyasal hidrolizde; suyun serbest asitlik miktarına ortamın sıcaklığına ve suyun lipitlerde çözünme oranına bağlı olmak üzere doğrudan kimyasal etkisi söz konusudur. Enzimatik hidrolizde ise ortamda su bulunmasına gerek olmadan asıl etken bitki ya da hayvansal kökenli esteraz grubu enzimlerdir.

Oksidasyon doymamış yağlarda degradasyonun başlıca nedenidir. Yağın oksidasyon düzeyi gıda endüstrisinde büyük önem taşır. Oksidasyon acılaşmaya, besin kalitesinin azalmasına ve gıdada zararlı bileşiklerin oluşmasına yol açar. Düzeyinin belirlenmesinde en önemli kriter peroksit sayısıdır. Lipitlerde oluşan oksidatif tepkimeler oluşum şekli ve koşullarına göre 2'ye ayrılır. Bunlar; 1. Kimyasal oksidasyon; i. Otokatalitik oksidasyon, ii. Termik oksidasyon, iii. Oksipolimerizasyon, 2.Enzimatik oksidasyon'dur.

Polimerizasyon ise doymamış yağlarda iki karbon atomu (C-C) arasındaki zincirin kopması, iki karbon arasında karşı bağ oluşması veya oksijen bağları oluşması sonucu meydana gelen tat değişikliğidir (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985).

Bu reaksiyonlar, kızartma yağı kalitesini bozan heterosiklikaminler, trans yağ ve polar bileşikler gibi birkaç zararlı bileşik üretir. Kızartma işlemi sırasında polar bileşiklerde, serbest yağ asitlerinde ve trans yağ asitlerinde (TFA'lar) artış olur. Doymamış yağ asitleri ise azalır

(Kumar, 2020). Kızartma işlemi sonrasında yağ asitleri ve trans izomerleri oluşumu gerçekleşir (Rakıcıoğlu, 1988).

Kızartma işleminin yapıldığı şartlar işlem sırasında önemli olan bir parametredir. Kızartma ortamı, kullanılan kızartma yağının markası ve kalitesi kızartma işlemi için önemli koşullardır. Çünkü kızartma ortamı ürünün yağ kaldırmasını etkiler (Özen, 2006). Buna göre; i-Kızartma ortamı açık renkte ve temiz olmalı. ii-Köpük ve duman oluşumu görülmemeli. iii-Ortamda yanmış partikül bulunmamalıdır.

Kızartma esnasında ortaya çıkan buhar kızartma koşullarını etkiler. Buhar bir miktar yağın hidrolizine sebep olur. Ortamdan uzaklaştırılmazsa son üründe istenmeyen değişiklikler meydana gelir (Özen, 2006).

Kızartma sırasında kullanılan yağ, ürün tarafından emilmektedir. Bundan dolayı kızartma esnasında yağ miktarı azalır. Ürün tarafından emilen yağın yerine taze yağ eklenmelidir. Yağ eklenmesi ve eklenecek yağın miktarı turnover periyodu ile belirlenmektedir. Turnover periyodu kızartma kabındaki orijinal yağ hacmine eşit miktarda yağ eklenmesi için gerekli olan saat olarak adlandırılır. Turnover periyodunu etkileyen özelliklerin başında kızartma kabının büyüklüğü gelmektedir. Genel olarak belirlenmiş bir kural olarak; tencere kapasitesinin yaklaşık 1/3 kadar bir yağ dönüşümü kızartma ortamı için uygun koşulu sağlamaktadır.

Kızartma işleminde kullanılan kap kızartma yapımına uygun şekilde seçilmelidir. Eğer kullanılan kızartma kapları çok büyük olursa belirlenen kızartma sıcaklığının altında sıcaklık noktaları (soğuk zone) oluşur (Özen, 2006).

Kızartma kalitesini olumsuz yönde etkileyen bazı etmenler vardır. Bu etmenler; yağın hava ile fazla teması, yağın açıkta ısıtılması, kırıntı ve artıkların yanması, yağın kap içinde her yerde aynı derecede ısınmaması, kullanılan araç ve gerecin bakır, pirinç gibi bazı metallerle karışık olmasıdır (Sacır, 1972).

Kızartma işlemi yağ ile yapılır ve kızartılmış gıdalar doğal hallerine göre daha fazla yağa sahiptir. Bu sebeple tüketicilerin günlük yağ alım miktarları fazla olmaktadır. Eğer tüketici

yüksek oranda katı yağ tüketiyor ise kalp hastalıkları, diyabet, kanser ve felç gibi hastalıkların riski artmaktadır ve bu artan risk faktörü çok sayıda çalışmayla kanıtlanmıştır (Gloria, 1998).

Pek çok çalışma ile yağın oksidasyonu sonucunda oluşan ürünlerin, kanserojen ve mutajen etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kızartma sırasında oluşan buhar ile bazı uçucu oksidasyon ürünlerinin solunması halinde mutajenik etkilerinin olduğu bulunmuştur. Çin ve Tayvan' da yapılan çalışmada çok sayıda kadında görülen akciğer kanserinin sebebinin balık kızartılırken açığa çıkan buharın solunmasıyla olduğu ilişkilendirilmiştir (Gloria, 1998; Saguy, 2003).

Yapılan bir diğer çalışmada, çeşitli restoranlardan kızartma yağları alınmıştır. Bu kızartma yağlarının polar madde fraksiyonları ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan bu polar maddelere *Salmonella* ile Ames testi uygulanmıştır ve bu testin sonucunda mutajenik etki gösterdikleri gözlenmiştir (Saguy, 2003).

Akrolein yağların termal bozunması neticesinde oluşan bir bileşiktir (Blom,1984). Yapılan çalışmada akroleinin, tavşanlarda düşük kalp atışı ve yüksek kan basıncına sebep olduğu belirtilmiştir (Fujisaki, 2002). Bu tür aldehitler kızartma işlemi anında buharlaşır ve havaya yayılır. Aşçılarının bunu solumasıyla birlikte sağlıkları üzerinde olumsuz etkiler gözlemlenebilir (Fujisaki, 2002).

2.3. Tatlılar

Türk mutfak kültüründe tatlılar, Osmanlı döneminden günümüze önemli bir yere sahiptir. Kültürümüzde çok sayıda farklı tatlı çeşidi bulunmaktadır (Çağlar, 2013). Türk mutfağında yer alan tatlılar genelde 3 başlık altında toplanmaktadır. Bunlar sütlü tatlılar, taze veya kuru meyve ve sebzelerle yapılan tatlılar ve hamur işi tatlıları olarak gruplandırılabilir. Baklava, dilberdudağı, lokma, tulumba, halka tatlı gibi tatlılar hamur işi tatlılara örnek olarak verilebilir (Ertaş, 2013).

2.3.1. Halka Tatlısı

Farklı bölgelere ait yemek zenginliğinin farklı bir şekilde gözlemlendiği alanlardan birisi sokak lezzetleridir. Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre sokak lezzetleri sokak satıcıları

tarafından sokaklarda veya halka açık yerlerde hazırlanan ve/veya satılan yiyecek ve içecekler olarak tanımlamaktadır (WHO, 1996). Bölgemizde en çok tercih edilen sokak lezzetlerinden birisi ise halka tatlısıdır. Adana halka tatlısı Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından tescillenmiş ve coğrafi işaret almıştır.



Şekil 5. Halka Tatlısı

Halka tatlı (Şekil 5), Türk mutfağında yağda kızartılarak yapılan tatlı çeşitlerindendir. Tulumba tatlısının bir çeşidi olarak bilinir. Genelde sokak seyyar satıcılarında satılan tatlı çeşitlerindendir. Halka tatlı farklı yörelerde farklı isimlerle anılabilir. Hatay'da müşebbek, Adana'da kıvrım tatlı, Eskişehir'de ballı ballı olarak da bilinir. Meksika mutfağındaki churro şekil olarak halka tatlıya benzer yapım aşamalarına sahiptir (Ertaş, 2013).

Halka tatlısı un, tereyağı, irmik, nişasta, tuz, sıvı yağ ve su ile hazırlanıp halka şekli verilerek derin yağda kızartma yöntemi ile pişirilen tatlı türüdür. Halka tatlı Türkiye'nin her yerinde satılan ve yerel halk tarafından sevilen, kolay hazırlanan, ucuz ve lezzetli şerbetli sokak tatlılarından (Tarinç, 2019).

Standart halka tatlı formülasyonunda, Türkiye Kültür Portalı Geleneksel Mutfak'ın halka tatlı reçetesinin esas alınması hedeflenmiştir. Bu formülasyona göre halka tatlı üretiminde kullanılan reçete Tablo 1’de belirtilmiştir. Halka tatlısı hamur formülasyonu Tablo 1’de, halka tatlısı şerbet formülasyonu Tablo 2’de ve halka tatlısı yapım aşamaları Şekil 6’da belirtilmiştir.

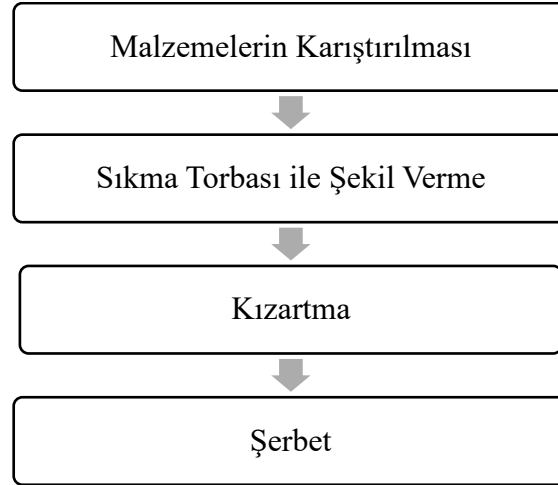
Tablo 1. Halka Tatlısı Hamur Formülasyonu

BİLEŞEN	MİKTAR
İrmik	280 gram
Un	140 gram
Yumurta	100 g
Süt	120 cc
Yoğurt	120 cc
Sıvı Yağ	120 cc
Kabartma Tozu	10 g
Limon Suyu	35 g
Tuz	2g

Tablo 2.Halka Tatlısı Şerbet Formülasyonu

BİLEŞEN	MİKTAR
Şeker	400 g
Su	400 cc
Limon Suyu	1 g

Halka tatlısı yapımında ilk önce şerbet kaynatılır ve soğuması için bekletilir. İrmik, un, yumurta, süt, yoğurt, sıvı yağ, kabartma tozu ve bir tutam tuz mikser ile karıştırılır. Bu karışım sıkma torbasına konur ve tırtıklı bir uçla tavada kızmış olan sıvı yağın içine halka şekli verilerek sıkılır. Kızaran halkalar soğuk şerbete atılır. Birkaç dakika şerbette bekletilen halkalar servis tabağına alınır.



Şekil 6.Halka Tatlı Yapım Aşamaları

Kızartma için rafine bitkisel yağ kullanılmaktadır. Isıl işlem sırasında rafine edilmemiş bir ürün aktif olarak oksitlenir, bunun sonucunda zararlı maddeler oluşturur. Bol miktarda nem ve serbest yağ asitleri, yağın köpürmesine ve aynı zamanda duman çıkarmaya başlamasına sebep olur. Kızartma işleminde en çok tercih edilen yağlardan birisi ise ayçiçeği yağıdır.

Ayçiçek yağı yapısında kan kolesterol seviyesini düşürmeye yardımcı olan omega-6 ve omega-9 yağ asitleri içerir. Ayçiçek yağı fosfor, linoleik,linolenik, palmitik, stearik ve miristik yağ asitlerinin kaynağıdır. Ayçiçek yağı bağışıklık düzenleyici etkiye sahiptir. Aynı zamanda vücudu enfeksiyonlardan korur. Ayçiçek yağı endokrin sisteminin işleyişini normalleştirir, karaciğeri temizlemeye ve iltihabı hafifletmeye yardımcı olur.

Ayçiçek yağı çok uzun süre ısıtılırsa içinde kanserojen maddeler oluşur. Ürünün yüksek kalorili olması sebebi ile aşırı kiloya yatkın kişilerin ayçiçek yağı kullanması önerilmez.

2.4. Yapılan Önceki Çalışmalar

Kumar ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada, Hint sokak yemeklerinde (Samosa ve Jalebi) kızartma yağlarının TFA'sını ölçmeyi amaçlamışlardır.Bu çalışmada, sokak atıştırmalıklarını kızartmak için kullanılan yağın TFA analizini kalite parametresi olarak kabul etmişlerdir. Yağ örneklerinde TFA analizi için zayıflatılmış toplam yansıma-fourier dönüşümlü kızılötesi (ATR-FTIR) spektroskopisini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda kızartma yağı örneklerinin kalitatif analizi, kızartma süresindeki artışın peroksit değerlerini düşürdüğünü ve her iki gıda maddesi için kullanılan yağların doymuş yağ asitleri ve TFA değerlerinin arttığını

belirlenmiştir. ATR-FTIR spektrumlarının kantitatif analizinde, Samosa için kullanılan kızartılmış yağ örneklerinin %4'ünde, Jalebi için kullanılan kızartılmış yağ örneklerinin %17.4'ünde TFA değerlerinin izin verilen maksimum sınırdan yüksek olduğu görülmüştür.

Gupta ve ark.(2016) yaptıkları çalışmada markasız paketlenmiş atıştırmalıklarda ve satıcılar tarafından satılan sokak yiyeceklerinde yağ türünü ve miktarını analiz etmeyi amaçlamışlardır. Atıştırmalıklarda yağ asidi içeriğini belirlemek için gaz kromatografisi yöntemi kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda numune alınan yağların, yüksek seviyelerde doymuş yağlar (%25 ila %69 toplam yağ asitleri) ve trans yağ (toplam yağ asitlerinin %0.1 ila %30'u) içerdiğini belirlemişlerdir.

Bansal ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, 3 farklı kızartma yağında kızartılan donmuş parmak patatesin kızartma yağındaki trans yağ asitlerini belirlemişlerdir. Kızartma yağı olarak palm oleini, ayçiçek yağı ve yemeklik yağ(palm oleini, susam yağı, fıstık yağı) kullanmışlardır. Patatesler 10 kızartma döngüsünde yarım saat ara ile kızartılmış ve kızartma yağına yağ eklemesi yapılmamıştır. Trans yağ asitlerinin tespitinde zayıflatılmış toplam yansıma (ATR), 2D ATR ve alev iyonizasyon detektörü ile birleştirilmiş gaz kromatografisi (GC-FID) yöntemlerini kullanmışlardır. Kızartma sonucunda taze yağda bulunmayan elaidik asit oluşumunun gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Yağı kızartma işleminin yağı ısıtma işlemine göre 18 kat daha fazla trans yağ oluşturduğunu belirlemişlerdir. Kullanılan yöntemlerden GC-FID yağ asit bileşimi hakkında ayrıntılı bilgi vermiştir. 2D ATR toplam trans yağ değerlerini hızlı bir şekilde ölçmüş ve daha yüksek değerler vermiştir. ATR ise GC FID'e göre daha düşük trans yağ değerleri üretmiştir.

Yılmaz ve Aydeniz (2011) yaptığı çalışmada hazır gıda restoranlarından 28 kızartma yağ örneğini toplamışlardır. Bu örneklerin asit ve peroksit değeri, toplam polar madde, kırılma indisi, viskozite, renk ve bulanıklık analizlerini yapmışlardır. Sonuçta yağ kalitelerinin iyi olduğunu belirlemişlerdir. Renk ve bulanıklık değerleri önemli varyasyon göstermiştir.

Chen ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada yağ asidi metil esterlerinin (FAME) konumsal ve geometrik izomerlerinin hızlı ayrılması için GC yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada palm yağı ve tavuk filetolarındaki yağ asitleri profilleri analiz edilmiştir. Cis ve trans izomerlerin çözünürlüğü, özellikle elaidik ve oleik asit için önceki çalışmalara göre daha iyi sonuç

vermiştir. Bu çalışmanın sonucunda aşırı derin kızartma işlemiyle, kızartma yağındaki termal bozunma ve TFA oluşumu gözlemlenmiş, TFA oluşumunun kızartma sıcaklığı ve süresi ile doğru orantılı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Yağ asitlerinin miktarını hesaplamak için teorik alev iyonizasyon dedektörü düzeltme faktörünü (TCF) kullanmışlardır.

Özer ve ark. (2012) bazı Türk geleneksel tatlılarının akrilamid içeriği ile ilgili bir çalışmada halka tatlısına da yer vermiştir. Yapılan çalışmada halka tatlısından kızartma sonrasında örnek alınmıştır. Tatlıdaki renk değişikliği ve akrilamid miktarı incelenmiştir. Çalışma sonucunda halka tatlıda akrilamid içeriğinin arttığı ve bu artışta un ve fermantasyonun etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda daha yüksek sıcaklıkta ve sürede kızartılan halka tatlısının renginin daha koyu olduğu da gözlemlenmiştir. Bundan dolayı halka tatlılarda kızarmış yağın sıcaklığı ve süresinin akrilamid oluşumunda pay sahibi olduğunu gözlemlemişlerdir.

Kasapoğlu ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada İstanbul'da marketlerde satılan 5 farklı markaya ait ayçiçek yağlarını rastgele seçmiş ve seçilen her yağı 5 kez kızartmışlardır. Yaptıkları çalışmada ayçiçek yağlarının her kızartma aşamasında alınan numunelerin peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerlerini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda kızartma sayısı arttıkça yağlardaki peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değeri de artmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada ise patatesler palm olein, susam yağı ve ayçiçek yağında olmak üzere 3 farklı yağda 3 parti olacak şekilde kızartılmıştır. Her kızartma işleminden sonra analiz için örnekler alınmıştır. Kırılma indisi ve peroksit değeri doğrusal bir şekilde olmasa da kızartma sırasında arttığını göstermektedir. Palm ve ayçiçek yağından alınan numunelerde kızartma sayısı arttıkça kırılma indisinin arttığı belirlenmiştir. Susam yağının kırılma indisinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Ardışık üç partinin kızartılmasından sonra palm yağının peroksit değerleri yükselmiştir. Ayçiçek yağının peroksit değeri yükselirken, susam yağının peroksit değeri ilk parti kızartmada yükselmiş ve son kızartmadan sonra düşmüştür (Awuchi, 2018).

Alajtal (2018) Libya'da yaptığı bir çalışmada bazı gıda tedarik pazarlarından ve ev mutfağından kızartma öncesi ve sonrası yemeklik yağ örnekleri toplamıştır. Ayçiçek yağı, mısırözü yağı ve zeytinyağının kızartma öncesi ve kızartma sonrası bazı kimyasal özellikleri

kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Bütün yağ örneklerinde kızartma sonrasında sabunlaşan madde miktarı artmıştır.

Salahi (2018) havucu derin yağda kızartmıştır. Bu kızartma sırasında kızartma sıcaklığının renk değişimine etkisi olup olmadığını araştırmıştır. L^* değeri düzenli olarak azalmış, a^* değeri kızartmanın ilk aşamalarında azalırken daha sonra artmıştır. b^* değeri ise kızartma işleminin başlarında ve ortalarında artarken sonlara doğru azalmaya başlamıştır.

Bu çalışma ülkemizde sevilerek tüketilen halka tatlısının üretiminde kullanılan kızartma yağında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Halka tatlısının yağda kızartılması sırasında kızartma sıcaklığının yağın renk parametreleri, kırılma indisi, serbest yağ asitliği, sabunlaşma sayısı, yağ asidi kompozisyonu, iyot sayısı ve peroksit değerleri üzerindeki etkisi belirlenmiş, özellikleyağların kızartma öncesinde ve sonrasında bu kalite özelliklerindeki değişiklikleri incelenmiştir.

3. MATERİYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında Adana ili şehir merkezinde 15 farklı halka tatlı üreticisinden kızartma öncesinde ve kızartma sonrasında kazanlardan yağ numuneleri toplanmıştır. Bu yağ örneklerinde fiziksel analizlerden renk ve kırılma indisi; kimyasal analizlerden ise serbest yağ asitliği, sabunlaşma, yağ asidi kompozisyonu, iyot analizi ve peroksit analizleri yapılmıştır. Bu yağlardaki trans yağ asitlerinin belirlenmesi için GC yöntemi kullanılmıştır.

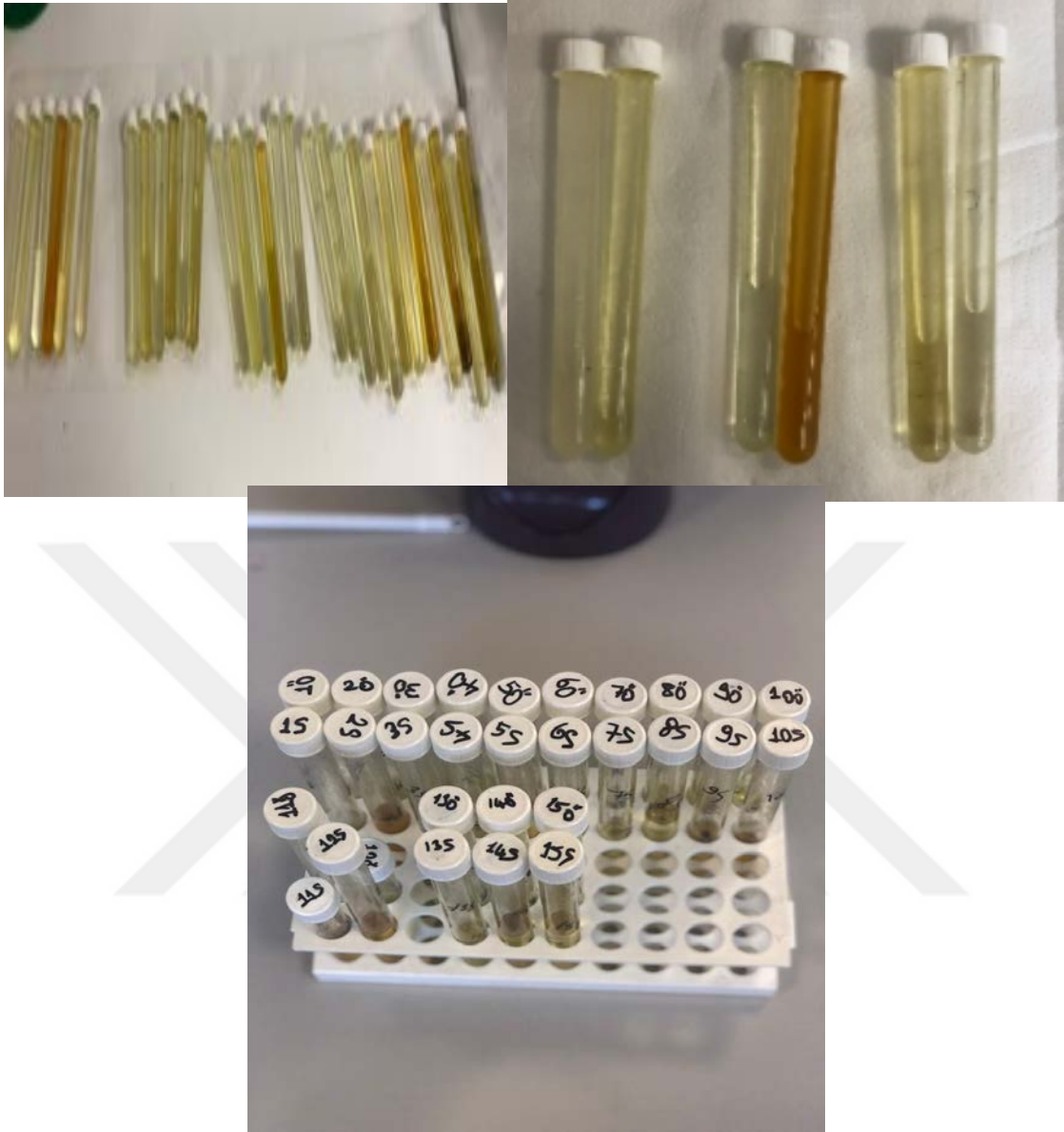
3.1. Malzemeler

3.1.1. Yağ Örnekleri

Adana ilinde 15 farklı halka tatlı üreticisinden kızartma öncesi ve kızartma sonrası kızartma kazanlarından yağ numuneleri toplanmıştır. Toplanan bu yağ örnekleri 3 farklı markaya aittir. Yağ örnekleri arasında 12 adet ayçiçek ve 3 adet mısır yağı bulunmaktadır (Şekil 7). Yağ örneklerinin kodlaması Tablo 3’de verilmiştir. Yağlarda yapılan tüm analizler üçer tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Kızartma Yağ Örneklerinin Kodlaması

	A Markası Ayçiçek Yağı	B Markası Ayçiçek Yağı	C Markası Ayçiçek Yağı	B Markası Mısır Yağı
Numune Kod	1	4	7	13
	2	5	8	14
	3	6	9	15
			10	
			11	
			12	



Şekil 7.Kızartma Öncesi ve Sonrasına Ait Yağ Numuneleri

3.1.2. Kimyasallar

Yapılan analizler ve bu analizlerde kullanılan kimyasal malzeme listesi aşağıda verilmiştir.

3.1.2.1. Serbest Yağ Asiti Tayininde Kullanılan Kimyasallar

- Etil Alkollü Potasyum Hidroksit (0.1 N)(Tekkim-Merck)
- Etil Alkollü Fenolftalein (%1)(Tekkim-Merck)
- Etil Alkol- Dietil Eter Karışımı (1:1)(Tekkim-Merck)

3.1.2.2. Peroksit Tayininde Kullanılan Kimyasallar

- Kloroform (Merck)
- Asetik Asit (Merck)
- Potasyum İyodur Çözeltisi (Doymuş) (Merck)
- Sodyum Tiyosülfat (0.01 N) (Merck)
- Nişasta (%1) (Merck)

3.1.2.3. Sabunlaşma Tayininde Kullanılan Kimyasallar

- Etil Alkollü Potasyum Hidroksit (0.5 N)(Tekkim-Merck)
- Hidroklorik Asit (0.5 N)(IsoLab)
- Fenolftalein (%1)(Merck)

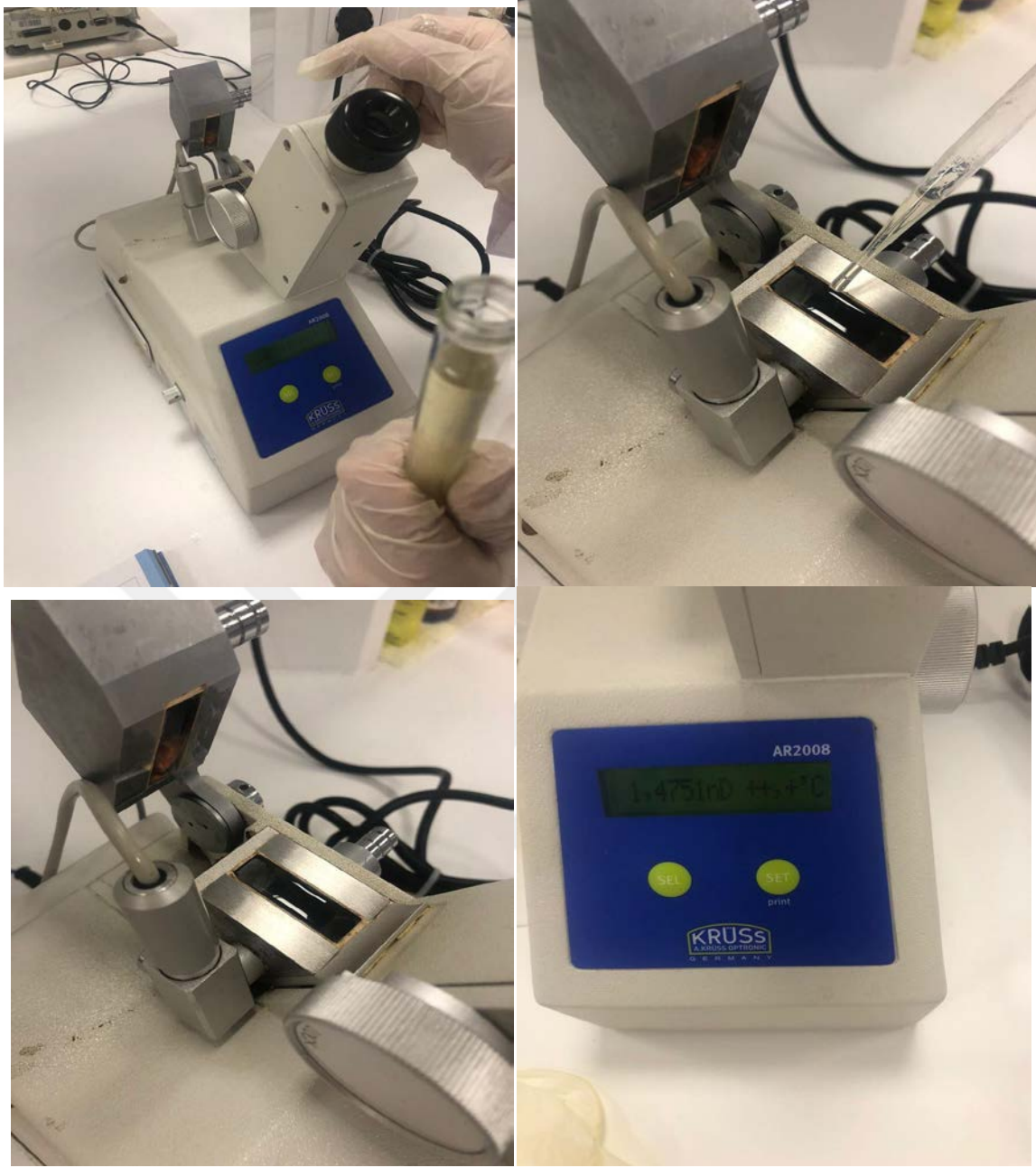
3.1.2.4. Yağ Asidi Kompozisyonu Tayininde Kullanılan Kimyasallar

- n-hexan (Sigma)
- Metanollü KOH (Merck)
- Helyum, Oksijen, Hidrojen (Taşıyıcı Gaz)
- Oksijen
- Hidrojen

3.2. Yöntem

3.2.1. Yağda Kırılma İndisi Tayini

Analizde standart metot olarak AOAC (2000) kırılma indisi tayin metodu kullanıldı. Bu analizde refraktometre (Krüss-AR2008) kullanılmıştır. Homojen hale getirilmiş örnek çözeltiden 2-3 damla pipetle el refraktometresinin prizmasına damlatılmıştır. Üzerindeki kapak yavaşça kapatılmıştır. Okülerden bakılarak değer kaydedilmiştir (Gümüşkesen, 1999). Kırılma indisi tayini, ABBE refraktometresi ile üstteki skaladan kuru maddeler için ağırlıkça % derişim okunurken, alttaki skaladan ise kırılma indisi okunmuştur (AOAC, 2000). Analiz aşamaları Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8.Kırılma İndisi Analizi Aşamaları

3.2.2. Renk Tayini

Yağların renkleri ölçülürken spektrofotometre (Konica Minolta, Model: CM-5) kullanılmıştır. Yağ örnekleri spektrofotometre küvetine konulduktan sonra ölçüm yapılmıştır. Numunelerde renk değerleri CIELAB sistemine göre değerlendirilmiştir. Örneklerin L^* , a^* , b^* , c^* , h değerleri kaydedilmiştir. Analiz aşamaları Şekil 9’da gösterilmiştir (Keskin ve ark., 2017).



Şekil 9.Renk Analizi Aşamaları

3.2.3. Serbest Yağ Asitliği Tayini

Analizde standart metot olarak AOAC (2000) serbest yağ asitliği tayin metodu kullanılmıştır. Serbest yağ asitliği tayini için 5 g yağ numunesi hassas terazide (Radwag-AS220.R2) tartılmıştır. Tartılan numune 50 ml etil alkol-dietil eter karışımında (1:1,v/v) çözdürülmüştür. Birkaç damla fenolftalein (%1'lik) damlatıldıktan sonra potasyum hidroksit (0.1 N) ile renk pembe oluncaya kadar titre edilmiştir. Sonuç kaydedilmiştir. Analiz aşamaları Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Serbest Yağ Asitliği Analizi Aşamaları

3.2.4. Peroksit Tayini

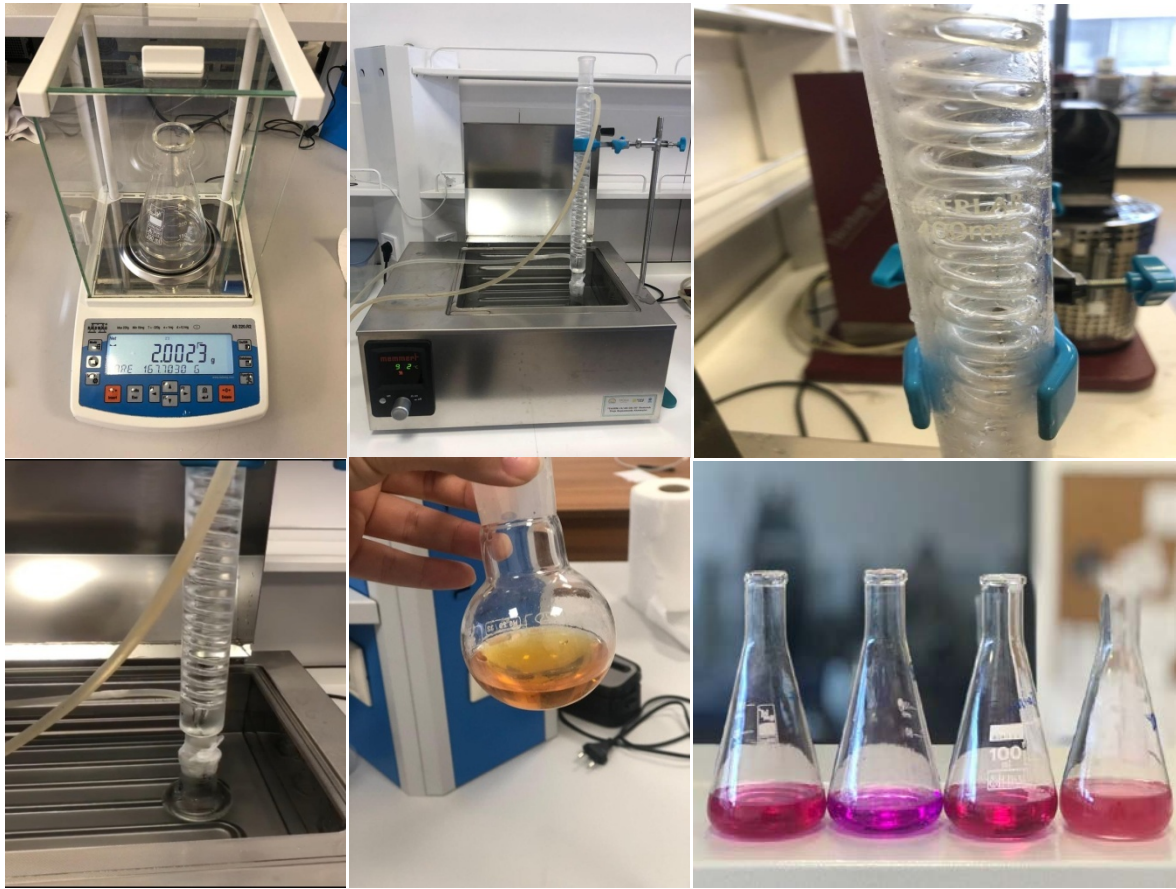
Peroksit değerleri, AOAC (1969) yöntemine göre analiz edilmiştir. Peroksit tayini için 2 g yağ örneği hassas terazide (Radwag-AS220.R2) tartılmıştır. Üzerine 10 ml kloroform eklenmiştir ve hızlıca çalkalayarak yağ örneği çözündürülmüştür. 15 ml asetik asit ve 1 ml doymuş potasyum iyodür eklenmiştir. 1 dakika çalkalandıktan sonra 10 dakika karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Süre sonunda 75 ml saf su ve 1 ml nişasta (%1) eklendikten sonra ayarlı sodyum tiyosülfat çözeltisi (0.01 N) ile titre edilmiştir. Sonuç kaydedilmiştir. Analiz aşamaları Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Peroksit Sayısı Analizi Aşamaları

3.2.5. Sabunlaşan Madde Tayini

Sabunlaşma miktarı AOCS (2017) yöntemine göre analiz edilmiştir. Sabunlaşan madde tayini için balonjoje içerisine 2 g yağ örneği hassas terazide (Radwag-AS220.R2) tartılmıştır. Üzerine 25 ml etil alkolü potasyum hidroksit (0.5N) eklenmiştir. Balonjoje geri soğutuculu sisteme bağlanmıştır. 1 saat kaynatılmıştır ve tamamen sabunlaşma sağlanmıştır. 1 saat sonunda balon geri soğutuculu sistemden çıkartılmıştır. İçerisine birkaç damla fenolftalein (%1) eklenip, HCl (0.5 N) ile renksiz nokta elde edinceye kadar titre edilmiştir. Analiz aşamaları Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. Sabunlaşan Madde Analizi Aşamaları

3.2.6. Yağ Asidi Kompozisyonu Tayini

Yağ asidi kompozisyonu tayini AOCS (2005) yöntemine göre yapılmıştır. Yağ Asidi Kompozisyonu Tayini için deney tüplerine 0.5 gr kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlar hassas terazide (Radwag-AS220.R2) tartılmıştır. Tartılan yağ örneklerinin üzerine 10 ml n-hexan ilave edilmiştir. Metil esterlerinin oluşması için örneklerin üzerine 0.5 ml metanollü

KOH (2N) çözeltisi eklenmiştir. Tüpün kapağı kapatılmıştır ve 30 sn boyunca karıştırıcı (Velp Scientifica-TX4) ile karıştırılmıştır. Daha sonra örnekler santrifüj cihazına(Hettich Universal 320R) aktarılmıştır. Örnekler santrifüjlendikten sonra üstteki berrak kısım 2 ml'lik viallere konularak gaz kromatografisi (GC) cihazında enjeksiyona hazır hale getirilmiştir.

Analiz FID (flame ionization detector) kolon ile donatılmış gaz kromatografisinde gerçekleştirilmiştir. Başlangıç sıcaklığı 140°C (5 dakika tutma) olarak ayarlanmıştır. Sıcaklık oranı 4°C/dk'dır. Son sıcaklık 240°C olarak ayarlanmıştır. Detektör ve enjektör portu sıcaklıkları 260°C'de tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak 1.3 ml/dk akış hızında helyum kullanılmıştır (Bansal, 2009).

3.2.7. İyot Sayısı Analizi

Yağ asidi metil esterlerinin ölçümlerinden iyot değerinin belirlenmesi için yeni geliştirilen bir hesaplama yöntemi kullanılmıştır (Kyriakidis ve Katsiloulis, 2000). Yöntem, bitkisel yağların yağ asidi metil esterlerinin kapiler gaz kromatografisi ile kantitatif tayinine dayanmaktadır. İyot değeri bir gram yağdaki doymamış yağ asitlerindeki çift bağ sayısının bir ölçüsüdür. Analizde kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağların iyot sayısı hesaplanırken kullanılan C1, C2 ve C3 ifadeleri sırası ile, mono (tekli), di (ikili) ve tri(üçlü) doymamış yağ asidi metil esterlerinin toplamını ifade etmektedir. İyot sayısı belirlenirken yağ asidi kompozisyonu tablosundaki sonuçlar dikkate alınmıştır.

İyot sayısı (İ.S.) hesaplanırken kullanılan formül;

Ayçiçek yağı için; $\text{İ.S.} = xC_1 + yC_2 + zC_3$; $x=0.95$. $y=1.6$. $z=2.62$

Mısır yağı için; $\text{İ.S.} = xC_1 + yC_2 + zC_3$; $x=1$. $y=1.5$. $z=2.62$ olarak belirlenmiştir.

3.2.8. İstatistiksel Analizler

Yapılan tez çalışmasında analizler üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Yapılan analizlerin istatistiksel değerlendirilmeleri SPSS istatistik yazılımı (IBM SPSS Statistics 26) ile Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Halka tatlı üreticilerden toplanarak araştırmada kullanılan kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini ortaya koymak için yapılan analizlerin sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.1.Kırılma İndisi Sonuçları

Araştırmada kullanılan kızartma öncesi ve kızartma sonrasına yağlara ait kırılma indisi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağ numunelerine ait kırılma indisi sonuçları

Numune No	Kırılma İndisi	
	Kızartma Öncesi (40°C)	Kızartma Sonrası (40°C)
1	1.4652 ^{a*}	1.4663 ^{ab}
2	1.4646 ^{abc}	1.4653 ^{abcd}
3	1.4643 ^{abc}	1.4648 ^{cd}
4	1.4643 ^{abc}	1.4649 ^{cd}
5	1.4648 ^{abc}	1.4667 ^a
6	1.4650 ^{ab}	1.4659 ^{abc}
7	1.4639 ^c	1.4650 ^{bcd}
8	1.4641 ^{bc}	1.4648 ^{cd}
9	1.4640 ^{bc}	1.4644 ^d
10	1.4647 ^{abc}	1.4661 ^{abc}
11	1.4643 ^{abc}	1.4656 ^{abcd}
12	1.4647 ^{abc}	1.4657 ^{abcd}
13	1.4642 ^{abc}	1.4650 ^{bcd}
14	1.4642 ^{abc}	1.4658 ^{abcd}
15	1.4646 ^{abc}	1.4650 ^{bcd}
Ortalama	1.4645	1.4654

*Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (P>0.05).

Kızartma öncesine numunelere ait yağların kırılma indisi değerleri 1.4639 ile 1.4652 arasında değişirken en yüksek kırılma indisi değeri 1.4652 ile 1 nolu numunede görülmüştür. En düşük kırılma indisi değeri ise 1.4639 ile 7 numaralı örnekte görülmüştür. Kızartma öncesine ait yağların kırılma indisi değerlerinin ortalaması 1.4645 olarak belirlenmiştir. Kızartma öncesi mısır yağları da (13, 14 ve 15 nolu numuneler) kendi aralarında benzerlik göstermiştir ($P>0.05$).

Kızartma sonrası yağlara ait kırılma indisi değerlerinin ortalaması ise 1.4654 olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrasına ait yağların kırılma indisi değerleri 1.4644 ile 1.4677 arasında değiştirmiştir. Kızartma sonrasına ait yağlarda en yüksek kırılma indisi değeri 1.4667 ile 5 nolu numune olarak belirlenmiştir. 5 nolu numune 1, 2, 6, 10, 11, 12, 14 numaralı örnekler ile benzerlik göstermektedir ($P>0.05$). Kızartma sonrasına ait yağlar arasında en düşük kırılma indisi değeri ise 1.4644 ile 9 numaralı numune olarak belirlenmiştir. 9 numaralı örnek 1, 5, 6, 10 numaralı örnekler hariç bütün örneklerle benzerlik göstermektedir ($P>0.05$).

Kızartma öncesi yağlar ile kızartma sonrası yağlar karşılaştırıldığında en fazla kırılma indisi farkı 11 ve 12 nolu ayçiçek yağı numunelerinde görülürken, mısır yağları arasında ise 14 nolu numunede görülmüştür. Ayçiçek yağları arasında 9 numaralı örnek kırılma indisi açısından incelendiğinde diğer örneklerle göre çok düşük farka sahiptir. Mısır yağları arasında ise 15 numaralı örnek kırılma indisi açısından incelendiğinde diğer mısır yağı örneklerine göre daha düşük kırılma indisi değeri farkına sahiptir.

Kızartma işlemi ile tüm numunelerin kırılma indisi değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Kızartma öncesi yağlarda 1.4645 olan kırılma indisi değerinin kızartma sonrasında 1.4654'e yükseldiği görülmüştür. Yapılan analiz sonuçlarına göre, kızartma işlemi sonucunda yağların kırılma indisi değerlerinde bir artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Kızartma öncesi ve kızartma sonrası verilerine göre kırılma indisinde en az artış %0.03 oranında 3, 9 ve 15 numaralı örneklerde gözlemlenmiştir. En fazla artış ise %0.12 oranında 5 numaralı örnek olarak belirlenmiştir. Yağ örneklerinin kızartma sonrası kırılma indisi değerleri kızartma öncesine göre ortalama %0.06 değerinde bir artış göstermiştir.

Yağların kırılma indisini etkileyen faktörler şunlardır:

- ❖ Doymamış yağ asitlerinin miktarı arttıkça kırılma indisi yükselmektedir.
- ❖ Yağ asidinin zincir uzunluğu arttıkça kırılma indisi düşmektedir.
- ❖ Birden fazla çift bağ içeren yağ asidi miktarı arttıkça kırılma indisi yükselmektedir.

Tabasum (2012) çalışmasında kanola ve ayçiçek yağı örneklerinin kızartma işlemiyle beraber değişen özellikleri incelenmiştir. Kanola yağının kızartma öncesi kırılma indisi değeri 1.465 olarak bulunurken kızartma sonrası kırılma indisi değeri 1.470 olarak belirlenmiştir. Ayçiçek yağının kızartma öncesi kırılma indisi değeri 1.463 olarak belirlenirken, kızartma sonrası kırılma indisi değeri 1.469 olarak bulunmuştur. Kızartma yağı numunelerinin kontrol muadilleri ile karşılaştırılmasıyla kızartma süresi ile kırılma indisi değerinde kademeli bir artış olduğu ortaya konmuştur. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda kırılma indisi oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Tabasum (2012)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada ise patatesler palm olein, susam yağı ve ayçiçek yağında olmak üzere 3 farklı yağda 3 parti olacak şekilde kızartılmıştır. Her kızartma işleminden sonra analiz için örnekler alınmıştır. Kırılma indisi doğrusal bir şekilde olmasa da kızartma sırasında arttığını göstermektedir. Palm ve ayçiçek yağından alınan numunelerde kızartma sayısı arttıkça kırılma indisinin arttığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda; ardışık üç partinin kızartılmasından sonra palm yağının kırılma indisi 1.4653'den 1.4655'e; ayçiçek yağının kırılma indisi değeri sırasıyla 1.4722'den 1.4724'e yükselmiştir. Susam yağının kırılma indisinde önemli bir değişiklik olmamıştır (Awuchi, 2018). Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda kırılma indisi değeri artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Awuchi (2018)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği'ne göre ayçiçek yağlarında kırılma indisi 40°C'de 1.461-1.471 arasında, mısır yağlarında kırılma indisi 1.465-1.468 arasında olmalıdır. Araştırmamızdan elde edilen sonuçlarına göre hem kızartma öncesi hem de kızartma sonrasına ait değerler tebliğe uymaktadır.

4.2.Serbest Yağ Asidi Analizi Sonuçları

Araştırmada kullanılan kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlarına ait serbest yağ asidi analiz sonuçları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait serbest yağ asidi analizi sonuçları

Serbest Yağ Asidi (mg KOH/g yağ)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.50±0.030 ^{*abc**}	2.43±0.302 ^{cde}
2	0.44±0.002 ^{abc}	3.17±0.020 ^{ab}
3	0.43±0.062 ^{abc}	1.85±0.039 ^g
4	0.42±0.003 ^{abc}	2.16±0.029 ^{defg}
5	0.35±0.036 ^c	2.51±0.006 ^{cd}
6	0.44±0.001 ^{abc}	1.91±0.029 ^{fg}
7	0.42±0.060 ^{abc}	1.82±0.035 ^g
8	0.36±0.038 ^{bc}	2.03±0.025 ^{efg}
9	0.42±0.063 ^{abc}	2.21±0.079 ^{defg}
10	0.34±0.025 ^c	3.24±0.052 ^a
11	0.58±0.038 ^a	2.06±0.043 ^{defg}
12	0.43±0.005 ^{abc}	2.73±0.049 ^{bc}
13	0.37±0.036 ^{bc}	2.09±0.013 ^{defg}
14	0.54±0.003 ^{ab}	2.31±0.075 ^{cdef}
15	0.43±0.001 ^{abc}	2.34±0.026 ^{cdef}
ORTALAMA	0.43	2.32

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Toplanan numunelerde kızartma öncesine ait yağların serbest yağ asidi miktarları 0.34 mg KOH/g yağ ile 0.58 mg KOH/g yağ arasında değişmiştir. En yüksek serbest yağ asidi 0.58 mg KOH/g yağ ile 11 numaralı örnekte görülmüştür. En düşük serbest yağ asidi ise 0.34mg KOH/g yağ ile 10 numaralı örnekte belirlenmiştir. Kızartma öncesi yağlarda ortalama serbest yağ asidi miktarı 0.43 mg KOH/g yağ olarak bulunmuştur. Ayçiçek yağlarında kızartma öncesi örnekleri kendi aralarında incelendiğinde 8 örnek kendi aralarında benzerlik göstermektedir (p>0.05).

Toplanan numunelerde kızartma sonrasına ait yağların serbest yağ asidi miktarları 1.82 mg KOH/g yağ ile 3.24 mg KOH/g yağ arasında değişmiştir. En yüksek serbest yağ asidi 3.24 mg KOH/g yağ ile 10 numaralı örnekte görülürken en düşük serbest yağ asidi ise 1.82 mg KOH/g yağ ile 7 numaralı örnekte belirlenmiştir. Kızartma sonrası yağlarda ortalama serbest yağ asidi miktardır 2.32 mg KOH/g yağ olarak bulunmuştur. Bütün örneklerin kızartma sonrası serbest yağ asidi miktarları kızartma öncesine göre artmıştır. En yüksek artış 10 numaralı örnekte görülürken en düşük artış 7 numaralı örnekte gözlemlenmiştir. Ayçiçek yağlarında kızartma sonrası örnekleri kendi aralarında incelendiğinde 4, 9, 11 numaralı örnekler kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$). Mısır yağları kendi aralarında incelendiğinde ise 14 ve 15 numaralı örneklerin benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Kızartma öncesi ve kızartma sonrası verilerine göre serbest yağ asitliğinde en az artış %254.99 oranında 11 numaralı örnekte gözlemlenmiştir. En fazla artış ise %864.71 oranı ile 10 numaralı örnek olarak belirlenmiştir. Yağ örneklerinin kızartma sonrası serbest yağ asitliği değerleri kızartma öncesine göre ortalama %440.03 değerinde bir artış göstermiştir.

Alajtal, (2018) gıda tedarik pazarlarından ve ev mutfağından kızartma öncesi ve sonrası yemeklik yağ örnekleri toplanmıştır. Ayçiçek yağı, mısırözü yağı ve zeytinyağının kızartma öncesi ve kızartma sonrası bazı kimyasal özellikleri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Ayçiçek yağının kızartma öncesi serbest yağ asidi miktarı 0.28 mg KOH/g yağ olarak belirlenirken, kızartma sonrası serbest yağ asidi miktarı 0.84 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir. Zeytinyağının kızartma öncesi serbest yağ asidi 4.49 mg KOH/g yağ olarak belirlenirken, kızartma sonrası serbest yağ asidi miktarı 5.05 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir. Mısır yağının kızartma öncesi serbest yağ asidi miktarı 0.65 mg KOH/g yağ olarak belirlenirken, kızartma sonrası serbest yağ asidi miktarı 0.75 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir. Bütün yağ örneklerinde kızartma sonrasında serbest yağ asidi miktarı artmıştır. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda serbest yağ asidi miktarı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Alajtal (2018)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir

Yapılan bir çalışmada patatesler 5 farklı markaya ait çeşitli yağlarda çeşitli sürelerle kızartmaya tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda kızartma süresiyle beraber serbest yağ asitliği doğru oranda artmıştır. Yapılan çalışma sonucunda 1. markaya ait yağın serbest yağ asitliği miktarı 0.18'den 1.2'ye, 2. markaya ait yağın serbest yağ asitliği miktarı 0.2'den 1.2'ye, 3.

markaya ait yağın serbest yağ asitliği miktarı 0.2'den 0.7'ye, 4. markaya ait yağın serbest yağ asitliği miktarı 0.16'dan 0.41'e, 5. markaya ait yağın serbest yağ asitliği miktarı 0.15'den 0.44'e yükselmiştir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda serbest yağ asidi miktarı oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Kasapoğlu (2021)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Kasapoğlu, 2021).

Yapılan başka bir çalışmada kanola ve ayçiçeği yağlarının kızartma kalitesi değerlendirilmiştir. Dört gün boyunca patates cipsleri yağda kızartılmıştır. Kızartma sırasındaki değişimi belirlemek için fiziksel ve kimyasal karakterizasyon yapılmıştır. Rafine kanola ve ayçiçek yağı örneklerinin asit değerlerinin kızartma sırasındaki değişimleri belirlenmiştir. Kanola yağının kızartma öncesine ait serbest yağ asidi miktarı %0.87 olarak belirlenirken, kızartma sonrasına ait serbest yağ asidi miktarı %1.16'ya artış göstermiştir. Ayçiçek yağının kızartma öncesine ait serbest yağ asidi miktarı %2 olarak belirlenirken, kızartma sonrasına ait serbest yağ asidi miktarı %3.9'a artış göstermiştir. Çalışma sonucuna göre bu değerler her bir kızartma işleminde düzenli olarak artmıştır (Tabasum, 2012). Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda serbest yağ asidi oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Tabasum (2012)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan bu tez çalışmasında kızartma öncesine ait yağların serbest yağ asidi analiz sonuçları %0.43 iken kızartma sonrasına ait yağların serbest yağ asidi analiz sonuçları %2.32'dir. Analiz sonucuna göre kızartma işlemi sonucunda serbest yağ asidi miktarında artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen serbest yağ asidi sayısı rafine edilmiş yağlarda maksimum 0.6 mg KOH/g yağ'dır (TGK, 2012). Tablo 5'de verilen analiz sonuçlarına göre kızartma sonrasına ait değerler ilgili tebliğe uymamaktadır.

Çalışmamızdan elde edilen ve kızartma işlemi sonucu artan serbest yağ asidi miktarı değerleri bu yönü ile Alajtal (2018)'in, Tabasum (2012)'un ve Kasapoğlu (2021)'nin elde ettiği bulgular ile benzerlik göstermektedir.

4.3.Yağda Peroksit Sayısı Sonuçları

Araştırmada kullanılan kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlarına ait peroksit analiz sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Toplanan numunelerde kızartma öncesine ait yağların peroksit sayıları 3.21 mEq g O₂/kg yağ ile 5.38 mEq g O₂/kg yağ arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı 5.38 mEq g O₂/kg yağ ile 10 numaralı örnekte görülmüştür. En düşük peroksit sayısı ise 3.21 mEq g O₂/kg yağ ile 14 numaralı mısır yağı örneğinde belirlenmiştir. Kızartma öncesi yağlarda ortalama peroksit sayısı 4.25 mEq g O₂/kg yağ olarak bulunmuştur. Ayçiçek yağlarında kızartma öncesi örnekleri kendi aralarında incelendiğinde 3, 4, 7 ve 9 örnek kendi aralarında benzerlik göstermektedir (p>0.05).

Toplanan numunelerde kızartma sonrasına ait yağların peroksit sayıları 5.08 mEq g O₂/kg yağ ile 9.98 mEq g O₂/kg yağ arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı 9.98 mEq g O₂/kg yağ ile 10 numaralı örnekte görülürken en düşük peroksit sayısı ise 5.08 mEq g O₂/kg yağ ile 9 numaralı örnekte belirlenmiştir. Kızartma sonrası yağlarda ortalama peroksit sayısı 6.52 mEq g O₂/kg yağ olarak hesaplanmıştır. Ayçiçek yağları kendi aralarında incelendiğinde en düşük peroksit sayısına sahip 9 numaralı örnek ve en yüksek peroksit sayısına sahip 10 numaralı örnek haricindeki örneklerin hepsi kendi aralarında benzerlik göstermektedir (p>0.05). 10 numaralı örnek diğer tüm numunelerden farklı bir sonuca sahiptir (p<0.05). Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlar incelendiğinde bütün örneklerde kızartmayla beraber peroksit sayısı artmıştır. En yüksek artış 10 numaralı örnekte olmuştur.

Oksidasyon bitkisel yağların temel bozulma sebebidir. Oksidasyonun ilk basamağında doymamış yağ asitleri ile oksijen reaksiyona girer ve aktif oksijen içeren peroksitler oluşur. Yağ oksidasyonu oksijen, metal iyonları, sıcaklık ve ışığın etkisi ile hızlanır. Yağ zincirleri oksidasyon reaksiyonlarına maruz kalarak tüketilemeyecek hale gelir. Peroksit sayısı tayininin esası, potasyum iyodürün yağdaki peroksit oksijeni ile okside olarak iyodun serbest hale geçmesi ve bu serbest haldeki iyodun da tiyosülfat ile titre edilerek miktarının bulunmasıdır.

Tablo 6. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlara ait peroksit sayısı analizi sonuçları

Numune No	Peroksit Sayısı (mEq g O ₂ /kg yağ)	
	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	4.62±0.17 ^{*ab**}	5.76±0.15 ^{bc}
2	3.95±0.20 ^{bc}	6.25±0.89 ^{bc}
3	4.30±0.45 ^{abc}	6.50±0.48 ^{bc}
4	4.45±0.30 ^{abc}	6.78±0.39 ^{bc}
5	4.00±0.17 ^{bc}	5.32±0.23 ^{bc}
6	4.94±0.14 ^{ab}	6.98±0.27 ^{bc}
7	4.18±0.15 ^{abc}	5.72±0.15 ^{bc}
8	3.21±0.27 ^c	5.65±0.08 ^{bc}
9	4.12±0.31 ^{abc}	5.08±0.25 ^c
10	5.38±0.17 ^a	9.98±0.28 ^a
11	3.79±0.22 ^{bc}	6.52±0.61 ^{bc}
12	4.80±0.31 ^{ab}	6.62±0.20 ^{bc}
13	4.34±0.18 ^{abc}	7.14±0.32 ^b
14	3.21±0.34 ^c	6.73±0.28 ^{bc}
15	4.44±0.26 ^{abc}	6.73±0.37 ^{bc}
ORTALAMA	4.25	6.52

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Kızartma öncesi ve kızartma sonrası verilerine göre peroksit miktarında en az artış %23.24 oranında 9 numaralı örnekte gözlemlenmiştir. En fazla artış ise %109.63 oranında 14 numaralı örnek olarak belirlenmiştir. Yağ örneklerinin kızartma sonrası peroksit değerleri kızartma öncesine göre ortalama %53.38 değerinde bir artış göstermiştir.

Yapılan başka bir çalışmada ise patatesler palm olein, susam yağı ve ayçiçek yağında olmak üzere 3 farklı yağda 3 parti olacak şekilde kızartılmıştır. Her kızartma işleminden sonra analiz için örnekler alınmıştır. Peroksit değeri doğrusal bir şekilde olmasa da kızartma sırasında arttığını göstermektedir. Araştırma sonucunda; ardışık üç partinin kızartılmasından sonrapalm yağının peroksit değerleri 1.9948mEq/kg'dan 9.3020 mEq/kg'a yükselmiştir. Ayçiçek yağı peroksit değeri 10.6359 mEq/kg'dan 19.3101 mEq/kg'a yükselirken, susam yağının peroksit değeri ilk parti kızartmada 3.9914 mEq/kg'dan 11.9555 mEq/kg'a yükselmiş ve son

kızartmadan sonra 11.3095 mEq/kg'a düşmüştür (Awuchi,2018). Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda peroksit miktarı oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Awuchi (2018)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada kanola ve ayçiçeği yağlarının kızartma kalitesi değerlendirilmiştir. Dört gün boyunca patates cipsleri yağda kızartılmıştır. Kızartma sırasındaki değişimi belirlemek için fiziksel ve kimyasal karakterizasyon yapılmıştır. Rafine kanola ve ayçiçek yağı örneklerinin peroksit değerlerinin kızartma sırasındaki değişimleri belirlenmiştir. Kanola yağının kızartma öncesine ait peroksit değeri %3.05 olarak belirlenirken, kızartma sonrasına ait serbest yağ asidi miktarı %4.57'ye artış göstermiştir. Ayçiçek yağının kızartma öncesine ait peroksit değeri %6.5 olarak belirlenirken, kızartma sonrasına ait serbest yağ asidi miktarı %6.9'a artış göstermiştir. Kanola yağının peroksit değeri kızartma işlemi boyunca düzenli olarak artarken, ayçiçek yağının peroksit değeri kızartma işlemi boyunca ilk önce artmış daha sonra azalmaya başlamıştır (Tabasum, 2012). Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda peroksit miktarı oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Tabasum (2012)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Alajtal, (2018) yaptığı çalışmasında bütün yağ örneklerinde kızartma sonrasında peroksit miktarı artmıştır. Ayçiçek yağının kızartma öncesi peroksit miktarı 12.5 mEq/kg olarak belirlenirken, kızartma sonrası peroksit miktarı 37.5 mEq/Kg olarak belirlenmiştir. Zeytinyağının kızartma öncesi peroksit miktarı 55 mEq/Kg olarak belirlenirken, kızartma sonrası peroksit miktarı 150 mEq/Kg olarak belirlenmiştir. Mısır yağının kızartma öncesi peroksit miktarı 17.5 mEq/Kg olarak belirlenirken, kızartma sonrası peroksit miktarı 44.8 mEq/Kg olarak belirlenmiştir Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda peroksit miktarı oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Alajtal (2018)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Kasapoğlu (2021) çalışmasında ayçiçeği, fındık, mısır, palm ve zeytinyağlarının kızartma sonrası peroksit değerleri sırasıyla 9.41, 9.54, 8.20, 5.42 ve 7.56 mEq O₂/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Analiz sonucunda kızartma süresiyle beraber peroksit miktarları doğru oranda artmıştır. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda serbest yağ asidi miktarı oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Kasapoğlu (2021)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yaptığım tez çalışmasında kızartma öncesine ait yağların peroksit miktarı analiz ortalaması 4.25 mEq g O₂/kg yağ iken kızartma sonrasına ait yağların peroksit miktarı analiz ortalaması 6.52 mEq g O₂/kg yağ'dır. Analiz sonucuna göre kızartma işlemi sonucunda peroksit miktarında artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'ne göre rafine yağlarda izin verilen peroksit sayısı maksimum 10 mEq g O₂/kg yağ'dır (TGK, 2012). Tablo 6'da bahsedilen analiz sonuçlarına göre verilen değerler ilgili tebliğe uymaktadır. Sadece 10 numaralı örneğin maksimum limite yakın olduğu görülmektedir.

4.4.Yağda Sabunlaşma Analizi Sonuçları

Araştırmada kullanılan kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlarına ait sabunlaşma analiz sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Yapılan analizlerde kızartma öncesine ait yağların sabunlaşma miktarları 175.92 mg KOH/g yağ ile 223.16 mg KOH/g yağ arasında değişmiştir. En yüksek sabunlaşma miktarı 223.16 mg KOH/g yağ ile 8 numaralı örnekte görülmüştür. En düşük sabunlaşma miktarı ise 175.92 mg KOH/g yağ ile 11 numaralı örnekte belirlenmiştir. Kızartma öncesi yağlarda ortalama sabunlaşma sayısı 193.52 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir. Ayçiçek yağlarında kızartma öncesi örnekleri kendi aralarında incelendiğinde 1, 2, 5 ve 9 numaralı örnek kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$). Mısır yağlarında ise 13,14 ve 15 numaralı örnekler ayçiçek yağı örnekleri gibi kendi aralarında benzerlik gösterdiği saptanmıştır ($p>0.05$).

Analiz sonuçlarına göre kızartma sonrasına ait yağların sabunlaşma miktarları 229.89 mg KOH/g yağ ile 290.40 mg KOH/g yağ arasında değişmiştir. En yüksek sabunlaşma sayısı 290.40 mg KOH/g yağ ile 7 numaralı örnekte görülürken en düşük sabunlaşma sayısı ise 229.89 mg KOH/g yağ ile 3 numaralı örnekte belirlenmiştir. Kızartma sonrası yağlarda ortalama sabunlaşma sayısı 256.90 mg KOH/g yağ olarak hesaplanmıştır. Ayçiçek yağlarında 2,7 ve 10 numaralı örnekler kendi aralarında benzerlik gösterirken ($p>0.05$) en yüksek sabunlaşma sayısına sahiptirler. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlar incelendiğinde

bütün örneklerde kızartmayla beraber sabunlaşma sayısı artmıştır. En yüksek artış 2 numaralı örnekte görülürken en düşük artış ise 3 numaralı örnekte görülmüştür.

Kızartma öncesi ve kızartma sonrası verilerine göre sabunlaşma miktarında en az artış %14.17 oranında 3 numaralı örnekte gözlemlenmiştir. En fazla artış ise %50.59 oranında 2 numaralı örnek olarak belirlenmiştir. Yağ örneklerinin kızartma sonrası sabunlaşma miktarları kızartma öncesine göre ortalama %32.75 değerinde bir artış göstermiştir.

Tablo 7. Kızartma öncesi ve kızartma sonrasına yağlara ait sabunlaşma tayini sonuçları

Sabunlaşma Sayısı (mg KOH/g yağ)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	195.90±5.70 ^{*bcd**}	253.27±5.69 ^{cde}
2	190.92±6.71 ^{bcd}	287.58±5.76 ^a
3	201.35±0.98 ^{abc}	229.89±3.06 ^f
4	202.35±4.44 ^{abc}	244.08±2.25 ^{cdef}
5	185.39±8.70 ^{bcd}	275.06±9.08 ^{ab}
6	179.90±2.75 ^{cd}	232.10±0.72 ^{ef}
7	207.93±1.29 ^{ab}	290.40±2.82 ^a
8	223.16±0.59 ^a	274.97±1.23 ^{ab}
9	193.48±10.04 ^{bcd}	235.79±7.30 ^{def}
10	199.33±7.31 ^{abcd}	287.32±4.38 ^a
11	175.92±2.38 ^d	257.44±0.24 ^{bc}
12	180.33±1.66 ^{cd}	232.12±0.43 ^{ef}
13	187.29±0.76 ^{bcd}	240.56±2.36 ^{cdef}
14	194.80±2.25 ^{bcd}	258.60±1.24 ^{bc}
15	184.70±1.12 ^{bcd}	254.41±2.01 ^{bcd}
ORTALAMA	193.52	256.90

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05)

Alajtal (2018), yaptığı çalışmasında ayçiçek yağına ait yağların sabunlaşma miktarı 21.09'dan 22.44'e, zeytinyağına ait yağın sabunlaşma miktarı 19.41'den 21.15'e, mısırözü yağına ait yağın sabunlaşma miktarı 21.54'den 22.27'ye yükseldiğini belirlemiştir. Bütün yağ örneklerinde kızartma sonrasında sabunlaşan madde miktarı artmıştır. Yaptığımız çalışmada

da kızartma işlemi ile yağlarda sabunlaşma miktarı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Alajtal (2018)'ın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada kanola ve ayçiçeği yağlarının kızartma kalitesi değerlendirilmiştir (Tabasum, 2012). Dört gün boyunca patates cipsleri yağda kızartılmıştır. Kızartma sırasındaki değişimi belirlemek için fiziksel ve kimyasal karakterizasyon yapılmıştır. Kanola yağının kızartma öncesine ait sabunlaşma miktarı 193.55 olarak belirlenirken, kızartma sonrasına ait sabunlaşma miktarı 384.25 olarak belirlenmiştir. Ayçiçek yağının kızartma öncesine ait sabunlaşma miktarı 194.73 olarak belirlenirken, kızartma sonrasına ait sabunlaşma miktarı 298.88'e artış göstermiştir. Kanola ve ayçiçek yağının sabunlaşma miktarı kızartma işlemi boyunca düzenli olarak artmıştır. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda sabunlaşma miktarı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Tabasum (2012)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yaptığım tez çalışmasında kızartma öncesi yağlarda ortalama sabunlaşma sayısı 193.52 olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrası yağlarda ise ortalama sabunlaşma sayısı 256.90 olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucuna göre sabunlaşma sayısında gözle görülür bir şekilde artış meydana gelmiştir. Yağ asitlerinin sodyum ya da potasyum tuzları sabun olarak adlandırılmaktadır. Sabunlaşma sayısı, bir gram yağın sabunlaşması sırasında açığa çıkan serbest yağ asitlerini nötralize etmek için gereken potasyum hidroksitin mg olarak miktarıdır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen sabunlaşma sayısı ayçiçek yağı için 188-194mg KOH/g yağ, mısır yağı için 187-195mg KOH/g yağ arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 7'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymamaktadır.

4.5. İyot Sayısı Analizi

Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağların iyot sayısı hesaplanırken kullanılan Cl, C2 ve C3 ifadeleri sırası ile, mono (tekli), di (ikili) ve tri (üçlü) doymamış yağ asidi metil esterlerinin toplamını ifade etmektedir. Hesaplama yapılırken yağ asidi kompozisyonu tablosundaki sonuçlar dikkate alınmıştır. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağların iyot sayısı sonuçları Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8.Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağların doymamış yağ asidi oranları

Örnek No	Öncesi C1	Sonrası C1	Öncesi C2	Sonrası C2	Öncesi C3	Sonrası C3
1	23.27	23.89	65.27	64.08	0.29	0.31
2	28.98	35.21	60.26	44.15	0.25	0.4
3	39.12	39.78	49.91	45.27	0.24	0.29
4	37.44	25.23	51.64	53.36	0.25	0.25
5	23.8	35.97	64.8	51.21	0.29	0.3
6	28.27	28.81	60.59	59.76	0.28	0.28
7	33.6	34.81	55.43	53.36	0.28	0.3
8	36.61	34.46	55.21	53.77	0.26	0.33
9	35.95	59.99	52.92	51.54	0.25	0.31
10	36.09	36.19	55.39	50.98	0.25	0.3
11	33.61	20.62	54.87	52.87	0.24	0.3
12	28.64	35.76	59.76	51.44	0.27	0.3
13	33.69	31.94	55.23	56.29	0.3	0.29
14	33.61	31.88	55.26	55.41	0.28	0.34
15	33.5	31.64	55.2	56.3	0.3	0.36

*Ayçiçek Yağı İçin İ.S.= $x C_1 + y C_2 + z C_3$ $x=0.95$, $y=1.6$, $z=2.62$; Mısır Yağı İçin İ.S.= $x C_1 + y C_2 + z C_3$ $x=1$, $y=1.5$, $z=2.62$

Yapılan analizlerde kızartma öncesine ait yağların iyot miktarları 117.09 ile 127.30 arasında değişmiştir. En yüksek iyot miktarı 127.30 ile 1 numaralı örnekte görülmüştür. En düşük iyot miktarı ise 117.09 ile 15 numaralı örnekte belirlenmiştir. Kızartma öncesi yağlarda ortalama iyot sayısı 121.58 olarak belirlenmiştir. Kızartma öncesine ait yağ örnekleri kendi aralarında incelendiğinde hiçbir örnek kendi aralarında benzerlik göstermemiştir ($p<0.05$). Mısır yağlarında 13, 14 ve 15 numaralı örnekler en düşük iyot sayısına sahip örnekler olarak belirlenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre kızartma sonrasına ait yağların iyot miktarları 105.14 ile 140.27 arasında değişmiştir. En yüksek iyot sayısı 140.27 ile 9 numaralı örnekte görülürken en düşük iyot sayısı ise 105.14 ile 2 numaralı örnekte belirlenmiştir. Kızartma sonrası yağlarda ortalama iyot sayısı 117.38 olarak hesaplanmıştır. Ayçiçek yağlarında 1, 2 ve 9 numaralı örnekler hariç bütün örnekler kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$). İyot

sayısındaki azalma yağlardaki bozulmuşluğun bir ifadesidir ve kızartma süresince tüm yağlarda iyot sayısı fark edilir derecede azalmıştır.

Tablo 9.Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrasına Ait Yağların İyot Analizi Sonuçları

Numune No	İyot Sayısı	
	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	127.30 ^{a*}	126.04 ^b
2	124.60 ^c	105.14 ^d
3	117.65 ^k	110.98 ^{bcd}
4	118.85 ^j	109.99 ^{cd}
5	127.05 ^b	116.89 ^{bcd}
6	124.53 ^d	123.72 ^{bc}
7	121.34 ^h	119.23 ^{bcd}
8	123.80 ^e	119.63 ^{bcd}
9	119.48 ⁱ	140.27 ^a
10	123.56 ^f	116.73 ^{bcd}
11	120.35 ^l	104.97 ^{bcd}
12	123.53 ^g	117.06 ^{bcd}
13	117.32 ^l	117.13 ^{bcd}
14	117.23 ^m	115.89 ^{bcd}
15	117.09 ⁿ	117.03±0 ^{bcd}
Ortalama	121.58	117.38

*Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (P>0.05).

Kızartma öncesi ve kızartma sonrası verilerine göre iyot miktarında en az azalış %0.05 oranında 15 numaralı örnekte gözlemlenmiştir. En fazla azalış ise %15.62 oranında 2 numaralı örnek olarak belirlenmiştir. Yağ örneklerinin kızartma sonrası iyot miktarları kızartma öncesine göre ortalama %3.45 değerinde bir azalış göstermiştir. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlar incelendiğinde bütün örneklerde kızartmayla beraber iyot sayısı azalmıştır.

Chatzilazarou (2006) yaptığı bir çalışmada sızma zeytinyağı, rafine pirina yağı, mısır yağı ve sızma zeytinyağı-mısır yağı (50:50 v/v) karışımı ile 5 gün boyunca günde 2.5 saat kızartma işlemi gerçekleştirmiştir. Kızartma işlemi sırasında ve sonucunda iyot sayısının azaldığını bildirilmiştir.

Hammouda (2017) dört farklı konsantrasyonlarda karıştırılan rafine pirina yağı /rafine palm yağı karışımları ile 16 saat tekrarlı olacak şekilde derin yağda kızartma işlemi gerçekleştirildiği bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmaya göre iyot sayısı kızartma işlemiyle beraber azalmıştır. İyot sayısındaki azalmanın artan kızartma süresi ve yağın degradasyonu ile ilgili olduğunu bildirmiştir.

Ramli (2012), patates örneklerini kullanarak 6 farklı yağda 180°C’de derin kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda yağların iyot sayısının tekrar eden kızartma sayısı ile beraber önemli düzeyde azaldığını tespit etmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği’nde izin verilen iyot sayısı değeri ayçiçek yağı için 94-141, mısır yağı için 103-135 arasında olması gerekmektedir (TGK, 2012). Tablo 8’de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.6. Renk Analizi Sonuçları

Numunelerde renk değerleri CIELAB sistemine göre değerlendirilmiştir. L* (parlaklık), a* (kırmızılık), b* (sarılık), c* (doymunluk) ve h (ton rengi) değerlerini ifade etmektedir (Keskin ve ark., 2017). Numunelere ait renk analizi sonuçları Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir.

Yapılan analizlerde kızartma öncesine ait yağların L* parlaklık değeri 95.98 ile 96.37 arasında değişmektedir. Kızartma öncesi yağların L* parlaklık değerleri ortalaması 95.83 olarak belirlenmiştir.

Kızartma öncesine ait yağların a* kırmızılık değeri -5.14 ile -0.76 arasında değişmektedir. Kızartma öncesi yağların a* kırmızılık değerleri ortalaması -2.38 olarak belirlenmiştir.

Kızartma öncesine ait yağların b* sarılık değeri 7.84 ile 23.47 arasında değişmektedir. Kızartma öncesi yağların b* sarılık değerleri ortalaması 10.53 olarak belirlenmiştir.

Kızartma öncesine ait yağların c* doymunluk değeri 6.50 ile 24.03 arasında değişmektedir. Kızartma öncesine ait yağların c* doymunluk değeri ortalaması 10.81 olarak ölçülmüştür.

Yapılan analizlerde kızartma öncesine ait yağların h ton rengi değeri 94.15 ile 105.0 arasında değişmektedir. Kızartma öncesine ait yağların h ton rengi değeri ortalaması 102.82 olarak belirlenmiştir.

Tablo 10. Kızartma Öncesi Kullanılan Yağlarda Renk Analizi Sonuçları

Kızartma Öncesi Kullanılan Yağlarda Renk Analizi Sonuçları					
Örnek No	L*	a*	b*	c*	h
1	96.17±0.003 ^{*b**}	-0.76±0.030 ^a	10.43±0.072 ^d	10.46±0.072 ^d	94.15±0.178 ^j
2	96.12±0.001 ^b	-1.93±0.000 ^e	7.87±0.000 ^{hi}	8.10±0.000 ^h	103.76±0.003 ^{ef}
3	95.67±0.001 ^f	-1.86±0.001 ^d	9.44±0.000 ^g	9.62±0.003 ^g	101.46±0.327 ⁱ
4	96.02±0.001 ^c	-1.73±0.000 ^c	8.04±0.012 ^h	8.22±0.009 ^h	102.20±0.020 ^h
5	96.37±0.001 ^a	-1.63±0.003 ^b	6.29±0.006 ^k	6.50±0.009 ⁱ	104.56±0.003 ^{abc}
6	95.97±0.001 ^{cd}	-2.05±0.000 ^f	7.84±0.000 ^j	8.10±0.003 ^h	104.65±0.01 ^{ab}
7	95.84±0.018 ^e	-2.57±0.000 ⁱ	10.16±0.000 ^e	10.48±0.000 ^d	104.19±0.003 ^{bcd}
8	95.90±0.037 ^{de}	-2.53±0.040 ⁱ	10.04±0.117 ^e	10.36±0.123 ^{de}	104.13±0.063 ^{de}
9	95.98±0.003 ^{cd}	-2.45±0.000 ^h	9.82±0.003 ^f	10.12±0.003 ^f	103.99±0.003 ^e
10	95.64±0.012 ^f	-2.35±0.000 ^g	11.09±0.003 ^c	11.33±0.003 ^c	101.97±0.003 ^{hi}
11	94.36±0.006 ^g	-5.14±0.003 ^k	23.47±0.009 ^a	24.03±0.009 ^a	102.36±0.000 ^h
12	95.65±0.054 ^f	-2.32±0.000 ^g	9.98±0.012 ^{ef}	10.25±0.012 ^{ef}	103.16±0.055 ^g
13	95.84±0.003 ^e	-3.66±0.003 ^j	13.68±0.000 ^b	14.16±0.000 ^b	105.00±0.007 ^a
14	95.91±0.003 ^{de}	-2.39±0.003 ^{gh}	10.04±0.000 ^e	10.32±0.000 ^{de}	103.36±0.007 ^{fg}
15	95.95±0.010 ^{cd}	-2.35±0.000 ^g	9.83±0.000 ^f	10.10±0.000 ^f	103.43±0.003 ^{fg}
Ortalama	95.83	-2.38	10.53	10.81	102.82

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Yapılan analizlerde kızartma sonrasına ait yağların L* parlaklık değeri 79.40 ile 95.53 arasında değişmektedir. Kızartma sonrası yağların L* parlaklık değerleri ortalaması 91.68 olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde kızartma sonrasına ait yağların a* kırmızılık değeri -6.16 ile 5.92 arasında değişmektedir. Kızartma sonrası yağların a* kırmızılık değerleri ortalaması -3.24 olarak belirlenmiştir.

Kızartma sonrasına ait yağların b* sarılık değeri 11.44 ile 73.60 arasında değişmektedir. Kızartma sonrası yağların b* sarılık değerleri ortalaması 33.21 olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde kızartma sonrasına ait yağların c* doygunluk değeri 11.75 ile 73.83 arasında değişmektedir. Kızartma sonrasına ait yağların c* doygunluk değeri ortalaması 33.56 olarak ölçülmüştür.

Kızartma sonrasına ait yağların h ton rengi değeri 85.40 ile 104.57 arasında değişmektedir. Kızartma sonrasına ait yağların h ton rengi değeri ortalaması 98.64 olarak belirlenmiştir.

Tablo 11.Kızartma Sonrası Kullanılan Yağlarda Renk Analizi Sonuçları

Kızartma Sonrası Kullanılan Yağlarda Renk Analizi Sonuçları					
Örnek No	L*	a*	b*	c*	h
1	92.03±0.199 ^{*def**}	-3.45±0.000 ^e	18.06±0.012 ^l	18.38±0.012 ^k	100.81±0.006 ^d
2	79.40±0.012 ^h	5.92±0.015 ^a	73.60±0.006 ^a	73.83±0.009 ^a	85.40±0.012 ^l
3	94.67±0.003 ^{abc}	-4.06±0.003 ^h	19.39±0.003 ^k	19.81±0.003 ^j	101.81±0.006 ^c
4	94.71±0.051 ^{abc}	-4.21±0.003 ^l	19.48±0.007 ^j	19.93±0.007 ^j	102.23±0.026 ^c
5	91.38±0.003 ^{ef}	-6.16±0.003 ⁿ	48.27±0.003 ^e	48.66±0.003 ^e	97.31±0.030 ^f
6	95.53±0.010 ^a	-2.71±0.000 ^d	11.44±0.006 ^o	11.75±0.007 ⁿ	103.32±0.006 ^b
7	95.53±0.000 ^a	-3.91±0.003 ^f	15.03±0.012 ⁿ	15.53±0.012 ^m	104.57±0.003 ^a
8	95.03±0.000 ^{ab}	-3.95±0.000 ^g	17.14±0.013 ^m	17.59±0.003 ^l	103.50±0.468 ^b
9	93.38±0.035 ^{bcd}	-4.50±0.009 ^k	24.73±0.015 ^g	25.22±0.090 ^g	100.32±0.023 ^{de}
10	85.88±0.485 ^g	0.61±0.015 ^b	70.27±0.018 ^b	70.27±0.015 ^b	89.50±0.009 ^h
11	85.53±1.333 ^g	-2.38±0.006 ^c	56.84±0.023 ^c	56.90±0.017 ^c	92.40±0.006 ^g
12	91.06±0.012 ^f	-5.93±0.006 ^m	49.24±0.022 ^d	49.57±0.007 ^d	96.87±0.006 ^f
13	94.02±0.003 ^{abc}	-4.37±0.003 ^j	22.95±0.003 ^l	23.36±0.003 ^l	100.79±0.003 ^d
14	93.04±0.003 ^{cde}	-5.05±0.003 ^l	28.55±0.003 ^f	28.99±0.003 ^f	100.02±0.000 ^e
15	94.02±0.003 ^{abc}	-4.40±0.000 ^j	23.12±0.003 ^h	23.53±0.003 ^h	100.78±0.003 ^d
Ortalama	91.68	-3.24	33.21	33.56	98.64

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

4.6.1. L* Parlaklık Değeri

Parlaklık (L*) değeri kızartılmış gıdalarda önemli bir renk parametresidir. Parlaklık değeri genellikle kalite kontrol belirleyicisi olarak kullanılır. L* değeri renk kalitesi açısından oldukça önemli olduğu belirtilmiştir (Oyedeji, 2017). Analiz sonuçlarında düşük L* değerleri

koyu rengin göstergesidir. Analizlerde belirlenen koyu rengin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Salahi, 2018).

Yapılan bir çalışmada mayalı hamurdan tatlı çörekler yapılmıştır ve bu çörekler ayçiçek yağında belirli derecelerde (180, 190 ve 200°C) kızartılmıştır. Kızartma işlemi sırasında sıcaklık artışıyla çöreklerin L* değerinin azaldığı belirlenmiştir. L* değerlerindeki değişimin yüksek sıcaklıklarda kabuk oluşmasından ve enzimatik olmayan esmerleşmeden kaynaklandığı belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile L* değeri azalmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Vélez-Ruiz ve Sosa-Morales (2003)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Vélez-Ruiz ve Sosa-Morales,2003).

Yapılan başka bir çalışmada mayalı hamurlar hazırlanmış ve bu hamurlar farklı kızartma koşullarının kızartılmıştır (Keskin,2019). Kızartılmış hamurların renk analizi sonucunda kızartma işleminin hamur üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Farklı kızartma koşullarında belirli sayıda kızartma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda kızartma süresi ve sıcaklığı arttıkça kızartılmış hamurların L* değerinin düştüğü belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile L* değeri azalmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Keskin (2019)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Salahi (2018) havucun derin yağda kızartmıştır. Bu kızartma sırasında kızartma sıcaklığının renk değişimine etkisi olup olmadığını araştırmıştır. Kızartılan havuçların L* değeri kızartma sırasında azalmıştır. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile L* değeri azalmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Salahi (2018)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Salahi, 2018).

Yaptığım çalışmada kızartma öncesine ait yağların L* parlaklık değeri ortalaması 95.83 olarak bulunmuştur. Kızartma sonrası yağların L* parlaklık değerleri ortalaması 91.68 olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda yağların L* parlaklık değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir.

4.6.2. a* Kırmızılık Değeri

a* değeri kırmızılığın göstergesidir ve kırmızı ile yeşil arasında değişmektedir. a* değeri pozitif bir değer aldığında kırmızıyı, negatif bir değer aldığında ise yeşili temsil etmektedir.

Kırmızılık değerinin artışı kızartılmış gıdalarda istenmeyen bir parametredir. Kırmızılıktaki artışın fazla olmasıyla beraber kızartılmış olan ürünün kabul edilebilirliğini düşürdüğü belirtilmiştir (Krokida, 2001 ve Oyedeji, 2017).

Yapılan bir çalışmada kızartılmış patateslerin öncesi ve sonrasına ait yağ örneklerinin renk değeri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda kızartma sıcaklığının artmasıyla a^* değerinin büyük ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile a^* değeri artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Krokida (2001)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Krokida, 2001).

Salahi (2018) havucun derin yağda kızartmıştır. Bu kızartma sırasında kızartma sıcaklığının renk değişimine etkisi olup olmadığını araştırmıştır. a^* değeri kızartmanın ilk aşamalarında azalırken daha sonra artmıştır. Bu çalışmada kızartma süresi ve sıcaklığının artmasıyla a^* değerini artırdığını belirtmiştir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile a^* değeri artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Salahi (2018)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada mayalı hamurdan tatlı çörekler yapılmıştır ve bu çörekler ayçiçek yağında belirli derecelerde (180, 190 ve 200°C) kızartılmıştır. Kızartma işlemi sırasında sıcaklık artışıyla ürünlerin a^* değerinin düzenli olarak arttığı belirlenmiştir. a^* değişimin yüksek sıcaklıklarda kabuk oluşmasından ve enzimatik olmayan esmerleşmeden kaynaklandığı belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile a^* değeri artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Vélez-Ruiz ve Sosa-Morales (2003)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Vélez-Ruiz ve Sosa-Morales, 2003).

Yaptığım tez çalışmasında kızartma öncesi yağların a^* kırmızılık değerleri ortalaması -2.38 olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrası yağların a^* kırmızılık değerleri ortalaması ise -3.24 olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda yağların a^* kırmızılık değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir.

4.6.3. b^* Sarılık Değeri

b^* değeri sarılığın göstergesidir ve sarı ile mavi renk arasında değişmektedir. b^* değerinin pozitif bir değer alması sarıyı, negatif bir değer alması maviyi temsil etmektedir. b^* değerlerinin artmasıyla kızartılmış ürünler için istenilenden daha fazla sarı renk verildiği belirlenmiştir (Salahi, 2018).

Yapılan bir çalışmada kızartılan patateslerde, patateslerin kızartma sırasında b^* değerinin artış gösterdiği ve bu artışın sıcaklıkla doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Kırmızı renk gelişiminin sadece yüksek sıcaklıklarda yoğun olduğu ifade etmişlerdir (Krokida, 2001).

Yapılan başka bir çalışmada mayalı hamurlar hazırlanmış ve bu hamurlar farklı kızartma koşullarının kızartılmıştır. Kızartılmış hamurların renk analizi sonucunda kızartma işleminin hamur üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Farklı kızartma koşullarında belirli sayıda kızartma işlemleri gerçekleşmiştir. Analizler sonucunda b^* değerinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Keskin, 2019).

Yaptığım çalışmada kızartma öncesi yağların b^* sarılık değerleri ortalaması 10.53 olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrası yağların b^* sarılık değerleri ortalaması 33.21 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde b^* sarılık değeri düzenli olarak artmıştır.

Bizim çalışmamızdan elde edilen ve kızartma işlemi sonucu artan b^* sarılık değeri bu yönü ile hem Keskin (2019)'in hem de Krokida (2001)'nin elde ettiği bulgular ile benzerlik göstermektedir.

4.6.4. c^* Doygunluk Değeri

c^* değeri renk analizinde doygunluğun göstergesidir ve rengin yoğunluğunu, doygunluk derecesini veya saflığını ifade eder.

Yaptığım tez çalışmasında kızartma öncesine ait yağların c^* doygunluk değeri ortalaması 10.81 olarak ölçülmüştür. Kızartma sonrasına ait yağların c^* doygunluk değeri ortalaması ise 33.56 olarak ölçülmüştür. Analiz sonucuna göre bütün örneklerin c^* doygunluk değerleri düzenli olarak artmıştır.

4.6.5. h Ton Rengi Değeri

h değeri (açı) renk canlılığını ifade eder. Kızartma öncesine ait yağların h ton rengi değeri ortalaması 102.82 olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrasına ait yağların h ton rengi değeri ortalaması 98.64 olarak belirlenmiştir. Analiz sonucuna göre h ton rengi değerinde azalma olduğu kesinleştirilmiştir.

4.7. Yağ Asidi Kompozisyonu Analizi Sonuçları

Numunelere ait yağ asidi kompozisyonu her bir yağ asidi için ayrı ayrı incelenmiştir. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası kullanılan yağların yağ asidi kompozisyonunu gösteren genel analiz tablosu Tablo 12 ve Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 12.Kızartma Öncesine Ait Yağların Genel Yağ Asidi İnceleme Tablosu

NUMUNE NO	Kızartma Öncesine Ait Yağların Genel Yağ Asidi İnceleme Tablosu (%)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Doymuş															
Miristik (C14:0)	0.29	0.08	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Palmitik(C16:0)	6.54	6.48	6.47	6.42	6.23	6.25	6.70	6.48	6.49	6.53	6.54	6.59	6.78	6.68	6.76
Stearic(C18:0)	3.83	3.58	3.40	3.34	4.12	3.62	3.21	3.34	3.50	3.31	3.41	3.85	3.25	3.25	3.28
Arachidic(C20:0)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.24	0.25	0.24
Behenik(C22:0)	0.69	0.33	0.30	0.38	0.40	0.35	0.55	0.32	0.58	0.39	0.31	0.46	0.32	0.36	0.36
Lignoserik(C24:0)	0.23	0.25	0.26	0.26	0.22	0.23	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.24	0.25	0.25
Tekli Doymamış															
Palmitoleik(C16:1)	0.10	0.12	0.14	0.15	0.09	0.09	0.15	0.15	0.14	0.15	0.13	0.11	0.15	0.15	0.15
Oleik(C18:1 cis)	22.74	28.45	38.68	37.00	23.29	27.85	33.14	36.12	35.49	35.65	33.18	27.99	33.21	33.14	33.03
Elaidic(C18:1 trans)	0.29	0.25	0.14	0.14	0.28	0.17	0.17	0.18	0.17	0.13	0.15	0.39	0.16	0.17	0.16
cis-11- Eicosenoic(C20:1)	0.14	0.16	0.16	0.15	0.14	0.16	0.14	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15	0.17	0.15	0.16
Çoklu Doymamış															
Linoleic(C18:2 cis)	65.00	59.59	49.63	51.37	64.51	60.32	55.16	54.95	52.64	55.12	54.60	59.48	54.95	54.99	54.94
Linolelaidic(C18:2 trans)	0.27	0.27	0.28	0.27	0.29	0.27	0.27	0.26	0.28	0.27	0.27	0.28	0.28	0.27	0.26
Linolenic(C18:3)	0.29	0.25	0.24	0.25	0.29	0.28	0.28	0.26	0.25	0.25	0.24	0.27	0.30	0.28	0.30
ΣDYA	11.83	10.97	10.77	10.73	11.31	10.77	11.03	10.73	11.17	10.82	10.85	11.49	10.91	10.87	10.97
ΣTDYA	23.27	28.98	39.13	37.44	23.80	28.27	33.60	36.60	35.96	36.08	33.61	28.64	33.69	33.61	33.50
ΣÇDYA	65.56	60.11	50.14	51.89	65.09	60.88	55.72	55.47	53.17	55.64	55.11	60.03	55.53	55.55	55.50
ΣDMYA	88.83	89.09	89.27	89.33	88.89	89.15	89.32	92.07	89.13	91.72	88.72	88.67	89.23	89.16	89.01

ΣDYA: Doymuş Yağ Asidi; **ΣTDYA:** Tekli Doymamış Yağ Asidi; **ΣÇDYA:** Çoklu Doymamış Yağ Asidi; **ΣDMYA:** Toplam Doymamış Yağ Asidi

Tablo 13.Kızartma Sonrasına Ait Yağların Genel Yağ Asidi İnceleme Tablosu

Kızartma Sonrasına Ait Yağların Genel Yağ Asidi İnceleme Tablosu (%)															
Numune No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Doymuş															
Miristik(C14:0)	0.08	0.23	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.12	0.08	0.66	0.09	0.08	0.08	0.07
Palmitik(C16:0)	6.78	15.18	7.03	6.59	7.17	6.45	7.09	6.96	10.10	7.02	21.95	7.27	6.99	7.27	7.09
Stearic(C18:0)	4.02	3.94	3.64	3.54	3.86	3.70	3.40	3.39	5.10	3.93	2.84	3.84	3.53	3.82	3.60
Arachidic(C20:0)	0.26	0.30	0.29	0.28	0.28	0.25	0.27	0.26	0.54	0.28	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27
Behenik(C22:0)	0.72	0.39	0.72	0.70	0.78	0.70	0.72	0.71	1.47	0.79	0.24	0.79	0.71	0.75	0.70
Lignoserik(C24:0)	0.24	0.41	0.28	0.27	0.28	0.24	0.27	0.26	0.36	0.28	0.13	0.29	0.26	0.27	0.28
Tekli Doymamış															
Palmitoleik(C16:1)	0.10	0.14	0.15	0.13	0.13	0.10	0.16	0.15	0.22	0.13	0.44	0.14	0.14	0.14	0.13
Oleik(C18:1 cis)	23.31	34.56	39.26	34.74	35.15	28.33	34.27	33.85	59.18	35.65	19.89	35.01	31.31	30.92	31.08
Elaidic (C18:1 trans)	0.33	0.34	0.20	0.20	0.52	0.22	0.21	0.29	0.27	0.24	0.21	0.44	0.32	0.65	0.22
cis-11- Eicosenoic(C20:1)	0.15	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	0.17	0.32	0.17	0.08	0.17	0.17	0.17	0.21
Çoklu Doymamış															
Linoleic(C18:2 cis)	63.79	43.84	47.97	53.08	50.91	59.48	53.07	53.50	51.25	50.70	52.57	51.15	56.01	55.10	56.00
Linolelaidic(C18:2 trans)	0.29	0.31	0.30	0.28	0.30	0.28	0.29	0.27	0.29	0.28	0.30	0.29	0.28	0.31	0.30
Linolenic(C18:3)	0.31	0.40	0.29	0.25	0.30	0.28	0.30	0.33	0.31	0.30	0.30	0.30	0.29	0.34	0.36
ΣDYA	12.09	20.45	12.04	11.45	12.45	11.41	11.83	11.67	17.70	12.39	26.11	12.55	11.84	12.45	12.01
ΣTDYA	23.89	35.21	39.78	35.24	35.97	28.81	34.81	34.46	60.00	36.18	20.62	35.75	31.95	31.88	31.64
ΣÇDYA	64.38	44.55	48.56	53.61	51.51	60.04	53.66	54.10	51.85	51.28	53.17	51.73	56.58	55.76	56.66
ΣDMYA	88.27	79.75	88.34	88.85	87.48	88.85	88.47	88.56	111.85	87.47	73.79	87.49	88.53	87.63	88.30

ΣDYA: Doymuş Yağ Asidi; **ΣTDYA:** Tekli Doymamış Yağ Asidi; **ΣÇDYA:** Çoklu Doymamış Yağ Asidi; **ΣDMYA:** Toplam Doymamış Yağ Asidi

4.7.1. Elaidik Asit

Araştırmada kullanılan kızartma öncesi-sonrası yağların bir TYA olan elaidik yağ asidine ait analiz sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Elaidik Asit Sonuçları

Elaidik Asit Sonuçları (%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.2878±0.010 ^{*b**}	0.3332±0.007 ^d
2	0.2533±0.008 ^c	0.3407±0.003 ^d
3	0.1393±0.004 ^{fgh}	0.1960±0.003 ^g
4	0.1371±0.012 ^{gh}	0.2034±0.004 ^g
5	0.2786±0.000 ^b	0.5204±0.009 ^b
6	0.1662±0.010 ^{de}	0.2166±0.003 ^{fg}
7	0.1699±0.002 ^{de}	0.2142±0.003 ^{fg}
8	0.1838±0.003 ^d	0.2907±0.005 ^e
9	0.1727±0.005 ^{de}	0.2721±0.006 ^e
10	0.1262±0.004 ^h	0.2374±0.004 ^f
11	0.1549±0.013 ^{efg}	0.2111±0.005 ^{fg}
12	0.3948±0.006 ^a	0.4368±0.010 ^c
13	0.1619±0.001 ^e	0.3211±0.001 ^d
14	0.1689±0.001 ^{de}	0.6478±0.004 ^a
15	0.1590±0.001 ^{ef}	0.2218±0.004 ^{fg}
ORTALAMA	0.1969	0.3109

*Ortalamanın standart sapması.**Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Yapılan analiz sonucunda kızartma öncesine ait yağların arasında en düşük elaidik asit değeri %0.1262 ile 10 numaralı örnek olarak belirlenirken 3 ve 4 numaralı örnekler haricinde diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklılık göstermiştir (p<0.05). En yüksek elaidik asit değeri ise %0.3948 ile 12 numaralı olarak belirlenirken diğer tüm numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0.05). 6,7 ve 14 numaralı örneklerin kızartma öncesine ait analiz sonuçları kendi aralarında benzerlik göstermektedir (p>0.05).

Kızartma sonrasına ait yağların arasında en düşük değer %0.1960 ile 3 numaralı örnek olarak belirlenmiştir. En düşük değer olan 3 numaralı örnek ile 4, 6, 7, 11, 15 numaralı örnek kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$). Kızartma sonrasına ait yağlarda görülen en yüksek elaidik asit değer %0.6478 ile 14 numaralı örnek olarak belirlenirken diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$). 1, 2, 13 numaralı örneklerin kızartma sonrasına ait analiz sonuçları kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$).

Kızartma öncesine ait elaidik asit ortalaması %0.1969 iken kızartma sonrasına ait yağların elaidik asit ortalaması %0.3109'dur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde elaidik asit değeri bütün örnekler için artmıştır. En fazla artış 14 numaralı örnekte olmuştur. Bu fazla artışın sebebinin kızartma süresiyle doğru orantılı olduğu düşünülmektedir.

4.7.2. Linolelaidik Asit

Araştırmada kullanılan kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağların bir TYA olan linolelaidik yağ asidine ait sonuçları Tablo 15'de verilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük linolelaidik asit değeri %0.2580 ile 8 numaralı ayçiçek yağı örneğinde belirlenirken, 15 nolu örnek haricinde diğer tüm numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek linolelaidik asit değeri ise %0.2912 ile 5 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken, diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$). 4, 6, 10 ve 14 numaralı örneklerin kızartma öncesine ait analiz sonuçları kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük linolelaidik asit değeri %0.2659 ile 8 numaralı örnekte olarak belirlenirken diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek linolelaidik asit değeri %0.3093 ile 2 numaralı örnek olarak belirlenmişken 14 numaralı örnek hariç tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$). Kızartma sonrası numunelerinden 4 ve 10 numaralı örneklerin analiz sonuçları, kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$). Kızartma öncesine ait linolelaidik asit ortalaması %0.2724 iken kızartma sonrasına ait yağların linolelaidik asit ortalaması %0.2898 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde linolelaidik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Tablo 15. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrasına Ait Yağların Linoelaidik Asit Sonuçları

Linoelaidik Asit Sonuçları (%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.2683±0.0062 ^{*ef**}	0.2858±0.0029 ^{ef}
2	0.2687±0.0003 ^{ef}	0.3093±0.0003 ^a
3	0.2752±0.0003 ^{cde}	0.2990±0.0004 ^c
4	0.2723±0.0002 ^{def}	0.2820±0.0017 ^{efg}
5	0.2912±0.0001 ^a	0.2996±0.0003 ^{bc}
6	0.2722±0.0003 ^{def}	0.2795±0.0003 ^{fg}
7	0.2695±0.0004 ^{ef}	0.2860±0.0013 ^{ef}
8	0.2580±0.0010 ^g	0.2659±0.0013 ^h
9	0.2807±0.0002 ^{bc}	0.2896±0.0002 ^{de}
10	0.2734±0.0002 ^{def}	0.2846±0.0004 ^{efg}
11	0.2666±0.0001 ^f	0.2961±0.0002 ^{cd}
12	0.2824±0.0002 ^b	0.2876±0.0001 ^{ef}
13	0.2766±0.0002 ^{bcd}	0.2770±0.0001 ^g
14	0.2714±0.0011 ^{def}	0.3075±0.0036 ^{ab}
15	0.2589±0.0065 ^g	0.2972±0.0028 ^{cd}
ORTALAMA	0.2724	0.2898

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük linolelaidik asit değeri %0.2580 ile 8 numaralı ayçiçek yağı örneğinde belirlenirken, 15 nolu örnek haricinde diğer tüm numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0.05). En yüksek linolelaidik asit değeri ise %0.2912 ile 5 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken, diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0.05). 4, 6, 10 ve 14 numaralı örneklerin kızartma öncesine ait analiz sonuçları kendi aralarında benzerlik göstermektedir (p>0.05).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük linolelaidik asit değeri %0.2659 ile 8 numaralı örnekte olarak belirlenirken diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0.05). Kızartma sonrasına ait en yüksek linolelaidik asit değeri %0.3093 ile 2 numaralı örnek olarak belirlenmişken 14 numaralı örnek hariç tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05). Kızartma sonrası numunelerinden 4 ve 10 numaralı örneklerin analiz

sonuçları, kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$). Kızartma öncesine ait linolelaidik asit ortalaması %0.2724 iken kızartma sonrasına ait yağların linolelaidik asit ortalaması %0.2898 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde linolelaidik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Chen (2014), yaptığı çalışmasında tavuk filetolarını 8 saat boyunca kızartmıştır. 52 yağ asidinin (FA) aynı anda ayrılması için geliştirilmiş bir gaz kromatografi yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle palm yağı ve tavuk filetolarındaki FA profilleri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda 200°C'nin altındaki sıcaklıklarda 8 saat kızartma sonrasında yağ asitlerinin bileşiminde ve trans izomerlerin oluşumunda küçük değişiklikler gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elaidik asit (trans C18:1) miktarı ilk aşamada hiç gözlemlenmemişken, kızartma sonunda 1.65 mg/g olarak bulunmuştur. Yapılan çalışma sonucunda linolelaidik asit (trans C18:2) miktarı 1.46mg/g'dan 2.62mg/g'a yükselmiştir. Derin kızartma işleminin sonucunda, kızartma yağında termal bozunma ve TFA oluşumunun, kızartma sıcaklığı ve süresi ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda TFA oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Chen (2014)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan bir başka çalışmada yağ örnekleri ilk olarak 1 saat ısıtılmıştır. Isıtıldıktan sonra patateslere 4 gün boyunca yaklaşık 40 kızartma döngüsü yapılmıştır ve her döngüde analiz için numune alınmıştır. GC analizleri sonucunda hem ısıtma hem de kızartma işlemlerinin, taze yağ numunelerinde bulunmayan elaidik asit üretimini tetiklediği belirlenmiştir. Yağın kızartılması işleminin, yağın ısıtılmasına kıyasla daha fazla trans yağ asidi (elaidik asit) ürettiğini netleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elaidik asit (trans C18:1) miktarı ilk aşamada hiç gözlemlenmemişken, kızartma sonunda ayçiçek yağı için 13.0mg/100 mg, mısır yağı için 12.1mg/100 mg olarak belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada da kızartma işlemi ile yağlarda TFA oranı artmıştır. Sonuçlarımız bu yönü ile Bansal (2009)'ın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. (Bansal, 2009).

Hindistan'da yapılan bir çalışmada sokak lezzetlerinden olan Samosa ve Jalebi için beş farklı satıcıdan farklı kızartma sürelerinde (0, 2 ve 4 saat) 143 yağ örneği toplanmıştır. Toplanan yağ örneklerinin TFA seviyeleri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ATR-FTIR spektrumları,

her iki kızartma yağı numunesinde de farklı kızartma sürelerinde artış göstermiştir. Bu artışın TFA oluşumuna işaret ettiğini belirlenmiştir. 4. saatte kızartılan yağlardaki TFA içeriği, 0 ve 2. saatte kızartılanlara göre anlamlı derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Kızartma süresinin artması ile her iki gıda maddesinde kullanılan yağların TFA değerlerini arttırdığı belirlenmiştir (Kumar, 2020).

Tez çalışmamın sonucunda trans yağ profilleri incelendiğinde bütün örneklerde artış meydana gelmiştir. Bu çalışmanın sonucu yukarıda verilen diğer çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

4.7.3. Miristik Asit

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük miristik asit değeri %0.0648 ile 5 numaralı ayçiçek yağı örneğinde belirlenirken, tüm numunelerden istatistiksel olarak farkı yoktur ($p>0.05$). En yüksek miristik asit değeri ise %0.0937 ile 1 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken, diğer numunelerden istatistiksel olarak farkı yoktur ($p>0.05$). Bütün örneklerin kızartma öncesine ait analiz sonuçları kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük miristik asit değeri %0.0697 ile 6 numaralı örnekte olarak belirlenirken 2 ve 11 numaralı örnekler hariç diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p>0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek miristik asit değeri %0.6554 ile 11 numaralı örnek olarak belirlenmişken tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$). Kızartma sonrası numunelerinden 2 ve 11 numaralı örneklerin analiz sonuçları hariç, diğer tüm numuneler kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p>0.05$).

Tablo 16.Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrasına Ait Yağların Miristik Asit Sonuçları

Miristik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.0937±0.216 ^{*a**}	0.0787±0.002 ^c
2	0.0772±0.001 ^a	0.2261±0.098 ^b
3	0.0772±0.001 ^a	0.0784±0.002 ^c
4	0.0743±0.001 ^a	0.0770±0.002 ^c
5	0.0648±0.002 ^a	0.0838±0.002 ^c
6	0.0676±0.001 ^a	0.0697±0.001 ^c
7	0.0737±0.002 ^a	0.0786±0.001 ^c
8	0.0738±0.002 ^a	0.0785±0.001 ^c
9	0.0747±0.001 ^a	0.1167±0.028 ^{bc}
10	0.0752±0.001 ^a	0.0832±0.001 ^c
11	0.0748±0.001 ^a	0.6554±0.018 ^a
12	0.0723±0.002 ^a	0.0866±0.002 ^c
13	0.0734±0.002 ^a	0.0780±0.000 ^c
14	0.0736±0.002 ^a	0.0825±0.001 ^c
15	0.0723±0.002 ^a	0.0745±0.001 ^c
ORTALAMA	0.0745	0.1298

*Ortalamanın standart sapması. ** Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Kızartma öncesine ait miristik asit ortalaması %0.0745 iken kızartma sonrasına ait yağların miristik asit ortalaması %0.1298 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde miristik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen miristik asit miktarı ayçiçek yağı için tespit edilemeyen düzey (TED)-1, mısır yağı için TED-0.3 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 14'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.4. Palmitik Asit

Tablo 17. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Palmitik Asit Sonuçları

Palmitik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	6.5401±0.04 ^{*abc**}	6.7776±0.04 ^d
2	6.4826±0.03 ^{bcde}	15.1813±0.33 ^b
3	6.4654±0.01 ^{cde}	7.0264±0.13 ^d
4	6.4229±0.01 ^{cde}	6.5946±0.03 ^a
5	6.2345±0.05 ^e	7.1684±0.03 ^{cd}
6	6.2509±0.02 ^{de}	6.4518±0.04 ^d
7	6.6976±0.04 ^{abc}	7.0883±0.02 ^d
8	6.4848±0.09 ^{bcde}	6.9615±0.01 ^d
9	6.4942±0.01 ^{abcde}	10.1023±0.10 ^c
10	6.5334±0.12 ^{abcd}	7.0150±0.02 ^d
11	6.5406±0.09 ^{abc}	21.9488±0.43 ^d
12	6.5908±0.04 ^{abc}	7.2656±0.04 ^{cd}
13	6.7775±0.02 ^a	6.9877±0.01 ^d
14	6.6797±0.04 ^{abc}	7.2650±0.01 ^{cd}
15	6.7572±0.07 ^{ab}	7.0897±0.13 ^d
ORTALAMA	6.5301	8.7283

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük palmitik asit değeri %6.2345 ile 5 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenmiştir. En yüksek palmitik asit değeri ise %6.7775 ile 13 numaralı mısır yağı örneğinde görülürken, 2, 3, 4, 5, 6 ve 8 numaralı örnekler hariç diğer numunelerden istatistiksel olarak farkı yoktur (p>0.05).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük palmitik asit değeri %6.4518 ile 6 numaralı örnekte olarak belirlenirken 2, 4 ve 9 numaralı örnekler hariç diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır (p>0.05). Kızartma sonrasına ait en yüksek palmitik asit değeri %6.5946 ile 4 numaralı örnek olarak belirlenmişken tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05). Kızartma sonrası numunelerinden 2, 4 ve 9 numaralı örneklerin analiz sonuçları hariç, diğer tüm numuneler kendi aralarında benzerlik göstermektedir (p>0.05).

Kızartma öncesine ait palmitik asit ortalaması %6.5301 iken kızartma sonrasına ait yağların palmitik asit ortalaması %8.7283 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde palmitik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen palmitik asit miktarı ayçiçek yağı için 4.0-7.6, mısır yağı için 8.6-16.5 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 15'de verilen analiz sonuçlarına göre 2, 9 ve 11 numaralı örneklerin kızartma sonrası değerleri ilgili standartlara uymamaktadır. Diğer örneklerin ilgili standartlara uyduğu belirlenmiştir.

4.7.5. Stearik Asit

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük stearik asit değeri %3.2101 ile 7 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenmiştir. En yüksek stearik asit değeri ise %4.1244 ile 5 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük stearik asit değeri %2.8426 ile 11 numaralı örnekte olarak belirlenirken, 9 numaralı örnek hariç diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek stearik asit değeri %5.0996 ile 9 numaralı örnek olarak belirlenmişken 7, 8 ve 11 numaralı örnek hariç diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kızartma sonrası numunelerinden 9 numaralı örneğin analiz sonucu hariç, diğer tüm numuneler kendi aralarında benzerlik göstermektedir ($p > 0.05$).

Kızartma öncesine ait stearik asit ortalaması %3.5301 iken kızartma sonrasına ait yağların stearik asit ortalaması %3.7283 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde stearik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Tablo 18. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Stearik Asit Sonuçları

Stearik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	3.8344±0.01 ^{*b**}	4.0159±0.02 ^{ab}
2	3.5800±0.02 ^{cd}	3.9430±0.02 ^{ab}
3	3.4027±0.01 ^{ef}	3.6388±0.01 ^{ab}
4	3.3378±0.01 ^{fg}	3.5379±0.04 ^{ab}
5	4.1244±0.02 ^a	3.8629±0.01 ^{ab}
6	3.6206±0.04 ^c	3.7024±0.02 ^{ab}
7	3.2101±0.01 ^h	3.4043±0.02 ^b
8	3.3428±0.02 ^{fg}	3.3949±0.03 ^b
9	3.5046±0.02 ^{de}	5.0996±0.01 ^a
10	3.3100±0.05 ^{fgh}	3.9293±0.01 ^{ab}
11	3.4095±0.00 ^{ef}	2.8426±0.02 ^b
12	3.8527±0.02 ^b	3.8413±0.01 ^{ab}
13	3.2477±0.01 ^{gh}	3.5318±0.03 ^{ab}
14	3.2534±0.01 ^{gh}	3.8205±0.05 ^{ab}
15	3.2842±0.03 ^{gh}	3.5996±0.03 ^{ab}
ORTALAMA	3.5301	3.7283

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen stearik asit miktarı ayçiçek yağı için 2.1-6.5, mısır yağı için TED-3.3 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 14'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.6. Araşidik Asit

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük araşidik asit değeri %0.2431 ile 13 numaralı mısır yağı olarak belirlenirken 15 numaralı mısır yağı örneği ile benzerlik göstermiştir (p>0.05). En yüksek araşidik asit değeri ise %0.2623 ile 5 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlemiştir (p<0.05).

Tablo 19. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Araşidik Asit Sonuçları

Araşidik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.2545±0.0010 ^{*c**}	0.2634±0.0004 ^h
2	0.2548±0.0029 ^c	0.2973±0.0007 ^b
3	0.2545±0.0001 ^c	0.2884±0.0055 ^{cd}
4	0.2505±0.0005 ^d	0.2750±0.0025 ^{fg}
5	0.2623±0.0002 ^a	0.2759±0.0006 ^{efg}
6	0.2444±0.0004 ^{fg}	0.2517±0.0001 ⁱ
7	0.2472±0.0001 ^e	0.2677±0.0001 ^{gh}
8	0.2536±0.0002 ^c	0.2639±0.0001 ^h
9	0.2546±0.0003 ^c	0.5419±0.0003 ^a
10	0.2482±0.0003 ^{de}	0.2834±0.0001 ^{cde}
11	0.2465±0.0001 ^{ef}	0.2907±0.0001 ^{bc}
12	0.2583±0.0002 ^b	0.2818±0.0002 ^{def}
13	0.2431±0.0001 ^g	0.2680±0.0001 ^{gh}
14	0.2464±0.0002 ^{ef}	0.2651±0.0001 ^h
15	0.2441±0.0004 ^{fg}	0.2664±0.0002 ^h
ORTALAMA	0.2509	0.2920

*Ortalamanın standart sapması.**Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük araşidik asit değeri %0.2517 ile 6 numaralı örnekte olarak belirlenirken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlemiştir (p<0.05). Kızartma sonrasına ait en yüksek araşidik asit değeri %0.5419 ile 9 numaralı örnek olarak belirlenmişken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlemiştir (p<0.05).

Kızartma öncesine ait araşidik asit ortalaması %0.2509 iken kızartma sonrasına ait yağların araşidik asit ortalaması %0.2920 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde araşidik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen araşidik asit miktarı ayçiçek yağı için 0.1-0.5, mısır yağı için 0.3-1 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 17'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.7. Behenik Asit

Tablo 20. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Behenik Asit Sonuçları

Behenik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.6860±0.001 ^{a**}	0.7188±0.003 ^{de}
2	0.3305±0.007 ^h	0.3932±0.004 ^f
3	0.3021±0.000 ⁱ	0.7199±0.004 ^{de}
4	0.3847±0.005 ^f	0.7028±0.004 ^e
5	0.4042±0.005 ^e	0.7795±0.004 ^{bc}
6	0.3505±0.006 ^g	0.6965±0.001 ^e
7	0.5495±0.006 ^c	0.7196±0.002 ^{de}
8	0.3159±0.001 ^{hi}	0.7112±0.001 ^{de}
9	0.5849±0.006 ^b	1.4737±0.003 ^a
10	0.3917±0.002 ^{ef}	0.7911±0.004 ^b
11	0.3148±0.005 ^{hi}	0.2442±0.029 ^g
12	0.4649±0.009 ^d	0.7895±0.003 ^b
13	0.3244±0.001 ^h	0.7087±0.002 ^{de}
14	0.3640±0.011 ^g	0.7466±0.004 ^{cd}
15	0.3588±0.007 ^g	0.6990±0.001 ^e
ORTALAMA	0.4085	0.7263

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük behenik asit değeri %0.3021 ile 3 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenirken 8 ve 11 numaralı ayçiçek yağı örnekleri ile benzerlik göstermiştir (p>0.05). En yüksek behenik asit değeri ise %0.6860 ile 1 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlemiştir (p<0.05).

Kızartma sonrasına ait yaşlardan en düşük behenik asit değeri %0.2442 ile 11 numaralı örnekte olarak belirlenirken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlemiştir ($p<0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek behenik asit değeri %1.4737 ile 9 numaralı örnek olarak belirlenmişken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlemiştir ($p<0.05$).

Kızartma öncesine ait behenik asit ortalaması %0.4085 iken kızartma sonrasına ait yaşların behenik asit ortalaması %0.7263 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde behenik asit değeri kızartma sonrası yaşların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yaşlar Tebliği'nde izin verilen behenik asit miktarı ayçiçek yağı için 0.3-1.5, mısır yağı için TED-0.5 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 18'de verilen analiz sonuçlarına göre mısır yağı örneklerinin kızartma sonrası değerleri ilgili standartlara uymamaktadır. Diğer örnekler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.8.Lignoserik Asit

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yaşlarda en düşük lignoserik asit değeri %0.2216 ile 5 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenirken 1 numaralı ayçiçek yağı örneği ile benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). 1 numaralı örnek hariç diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$). En yüksek lignoserik asit değeri ise %0.2648 ile 11 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görölmüştür.

Kızartma sonrasına ait yaşlardan en düşük lignoserik asit değeri %0.1257 ile 11 numaralı örnekte olarak belirlenirken 2 numaralı örnek hariç bütün numunelerden istatistiksel olarak fark görölmemiştir ($p>0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek lignoserik asit değeri %0.4106 ile 2 numaralı örnek olarak belirlenmişken 11 numaralı örnek hariç bütün numunelerden istatistiksel olarak fark görölmemiştir ($p>0.05$).

Tablo 21. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Lignoserik Asit Sonuçları

Lignoserik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.2260±0.0054 ^{*d**}	0.2355±0.006 ^{ab}
2	0.2467±0.0054 ^{bc}	0.4106±0.094 ^a
3	0.2643±0.0005 ^a	0.2848±0.007 ^{ab}
4	0.2590±0.0020 ^{ab}	0.2659±0.004 ^{ab}
5	0.2216±0.0050 ^d	0.2777±0.005 ^{ab}
6	0.2337±0.0011 ^{cd}	0.2362±0.001 ^{ab}
7	0.2522±0.0017 ^{ab}	0.2692±0.005 ^{ab}
8	0.2562±0.0119 ^{ab}	0.2643±0.102 ^{ab}
9	0.2556±0.0029 ^{ab}	0.3613±0.005 ^a
10	0.2647±0.0021 ^a	0.2844±0.003 ^{ab}
11	0.2648±0.0015 ^a	0.1257±0.003 ^b
12	0.2503±0.0069 ^{ab}	0.2885±0.003 ^{ab}
13	0.2437±0.0096 ^{bc}	0.2631±0.011 ^{ab}
14	0.2548±0.0004 ^{ab}	0.2701±0.002 ^{ab}
15	0.2538±0.0023 ^{ab}	0.2780±0.005 ^{ab}
ORTALAMA	0.2498	0.2744

*Ortalamanın standart sapması. ** Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Kızartma öncesine ait lignoserik asit ortalaması %0.2498 iken kızartma sonrasına ait yağların Lignoserik asit ortalaması %0.2744 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde lignoserik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen lignoserik asit miktarı ayçiçek yağı için TED-0.5, mısır yağı için TED-0.5 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 19'da verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.9.Palmitoleik Asit

Tablo 22. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Palmitoleik Asit Sonuçları

Palmitoleik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.0986±0.000 ^{*d**}	0.1013±0.0001 ^c
2	0.1218±0.003 ^b	0.1388±0.0016 ^c
3	0.1446±0.004 ^a	0.1531±0.0055 ^c
4	0.1455±0.003 ^a	0.1287±0.0014 ^c
5	0.0868±0.002 ^e	0.1311±0.0028 ^c
6	0.0947±0.000 ^{de}	0.0997±0.0018 ^c
7	0.1499±0.003 ^a	0.1573±0.0028 ^{bc}
8	0.1487±0.002 ^a	0.1541±0.0012 ^c
9	0.1433±0.003 ^a	0.2242±0.0482 ^b
10	0.1471±0.006 ^a	0.1253±0.0025 ^c
11	0.1283±0.004 ^b	0.4411±0.0147 ^a
12	0.1096±0.004 ^c	0.1361±0.0027 ^c
13	0.1511±0.002 ^a	0.1414±0.0001 ^c
14	0.1466±0.003 ^a	0.1381±0.0021 ^c
15	0.1518±0.007 ^a	0.1273±0.0034 ^c
ORTALAMA	0.1312	0.1598

*Ortalamanın standart sapması.**Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük palmitoleik asit değeri %0.0986 ile 1 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenirken 6 numaralı ayçiçek yağı örneği hariç tüm örnekler ile benzerlik göstermiştir (p>0.05). 1, 2, 5, 6, 11 ve 12 numaralı örnekler hariç diğer tüm örnekler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05). En yüksek palmitoleik asit değeri ise %0.1518 ile 15 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülmüştür.

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük palmitoleik asit değeri %0.1013 ile 1 numaralı örnekte olarak belirlenirken 9 ve 11 numaralı örnek hariç bütün numunelerden istatistiksel olarak fark görülmemiştir (p>0.05). Kızartma sonrasına ait en yüksek palmitoleik asit değeri

%0.4411 ile 11 numaralı örnek olarak belirlenmişken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Kızartma öncesine ait palmitoleik asit ortalaması %0.1312 iken kızartma sonrasına ait yağların palmitoleik asit ortalaması %0.1598 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde palmitoleik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen palmitoleik asit miktarı ayçiçek yağı için TED-0.3, mısır yağı için TED-0.5 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 20'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.10. Oleik Asit

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük oleik asit değeri %22.7399 ile 1 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenirken 5 numaralı ayçiçek yağı ile istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). En yüksek oleik asit değeri ise %38.6833 ile 3 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülmüştür. 3 numaralı örnek 4, 8 ve 10 numaralı örnekler hariç diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır($p<0.05$).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük oleik asit değeri %19.8876 ile 11 numaralı örnekte olarak belirlenirken 3, 9 ve 10 numaralı örnek hariç bütün numunelerden istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($p>0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek oleik asit değeri %59.1835 ile 9 numaralı örnek olarak belirlenmişken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Kızartma öncesine ait oleik asit ortalaması %30.9316 iken kızartma sonrasına ait yağların oleik asit ortalaması %37.7669 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde oleik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Tablo 23. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Oleik Asit Sonuçları

Oleik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	22.7399±0.11 ^{*e**}	23.3070±0.04 ^{cd}
2	28.4523±0.01 ^d	34.5572±0.22 ^{bcd}
3	38.6833±0.04 ^a	39.2604±0.26 ^b
4	34.0019±0.02 ^{ab}	37.7409±0.06 ^{bcd}
5	23.2907±0.02 ^e	35.1485±0.04 ^{bcd}
6	27.8531±0.03 ^d	28.3319±0.05 ^{bcd}
7	33.1362±0.04 ^c	34.2668±0.03 ^{bcd}
8	33.1155±0.06 ^{abc}	36.8464±0.01 ^{bcd}
9	35.4925±0.07 ^{bc}	59.1835±0.11 ^a
10	35.6509±0.09 ^{abc}	35.6777±0.05 ^{bc}
11	33.1827±0.05 ^c	19.8876±0.34 ^d
12	27.9907±0.02 ^d	35.0113±0.08 ^{bcd}
13	31.2127±0.10 ^c	33.3119±0.01 ^{bcd}
14	30.1375±0.04 ^c	33.9238±0.02 ^{bcd}
15	31.0340±0.18 ^c	33.0792±0.25 ^{bcd}
ORTALAMA	30.9316	37.7669

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen oleik asit miktarı ayçiçek yağı için 14.0-71.8, mısır yağı için 20.0-42.2 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 21'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.11.cis-11- Eicosenoic Asit

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük cis-11-eicosenoic asit değeri %0.1413 ile 5 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenirken 1 numaralı ayçiçek yağı ile istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir (p>0.05). En yüksek cis-11-eicosenoic asit değeri ise %0.1688 ile 13 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

Tablo 24. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Cis-11-Eicosenoik Asit Sonuçları

Cis-11-Eicosenoik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.1426±0.0002 ^{*i**}	0.1486±0.00009 ⁱ
2	0.1552±0.0003 ^e	0.1708±0.00007 ^d
3	0.1592±0.0001 ^b	0.1665±0.00009 ^{fg}
4	0.1512±0.0002 ^g	0.1620±0.00009 ^h
5	0.1413±0.0002 ^j	0.1658±0.00009 ^g
6	0.1575±0.0002 ^c	0.1582±0.00007 ^l
7	0.1428±0.0002 ⁱ	0.1716±0.00006 ^d
8	0.1567±0.0001 ^d	0.1706±0.00003 ^d
9	0.1508±0.0002 ^g	0.3217±0.00012 ^a
10	0.1555±0.0001 ^e	0.1734±0.00007 ^c
11	0.1462±0.0001 ^l	0.0812±0.00006 ^j
12	0.1476±0.0001 ^h	0.1677±0.00009 ^f
13	0.1688±0.0002 ^a	0.1735±0.00010 ^c
14	0.1544±0.0002 ^f	0.1684±0.00006 ^e
15	0.1576±0.0001 ^c	0.2104±0.00081 ^b
ORTALAMA	0.1525	0.1740

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük cis-11-eicosenoic asit değeri %0.1486 ile 1 numaralı örnekte olarak belirlenirken diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05). Kızartma sonrasına ait en yüksek cis-11-eicosenoic asit değeri %0.3217 ile 9 numaralı örnek olarak belirlenmişken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0.05).

Kızartma öncesine ait cis-11-eicosenoic asit ortalaması %0.1525 iken kızartma sonrasına ait yağların cis-11-eicosenoic asit ortalaması %0.1740 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde cis-11-eicosenoic asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen cis-11-eicosenoic asit miktarı ayçiçek yağı için TED-0.3, mısır yağı için 0.2-0.6 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 22'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.12.Linoleik Asit

Tablo 25. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Linoleik Asit Sonuçları

Linoleik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	65.0012±0.19 ^{a**}	63.7882±0.22 ^a
2	59.5852±0.09 ^{bc}	43.8375±0.17 ^h
3	49.6267±0.12 ^g	47.9700±0.26 ^g
4	51.3675±0.11 ^f	53.0807±0.18 ^{de}
5	64.5116±0.11 ^a	50.9102±0.14 ^f
6	60.3222±0.08 ^b	59.4847±0.10 ^b
7	55.1628±0.09 ^d	53.0662±0.11 ^{de}
8	54.9480±0.02 ^d	53.5021±0.07 ^d
9	52.6439±0.17 ^e	51.2484±0.09 ^f
10	55.1215±0.09 ^d	50.7002±0.13 ^f
11	54.5990±0.16 ^d	52.5694±0.03 ^e
12	59.4770±0.16 ^c	51.1471±0.13 ^f
13	54.9526±0.20 ^d	56.0054±0.11 ^c
14	54.9925±0.13 ^d	55.1036±0.40 ^c
15	54.9429±0.26 ^d	56.0021±0.18 ^c
ORTALAMA	56.4836	53.2277

*Ortalamanın standart sapması. ** Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük linoleik asit değeri %49.6267 ile 3 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenirken istatistiksel olarak tüm numunelerden farklıdır (p<0.05). En yüksek linoleik asit değeri ise %65.0012 ile 1 numaralı ayçiçek yağı örneğinde görülürken diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük linoleik asit değeri %43.8375 ile 2 numaralı örnekte olarak belirlenirken diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek linoleik asit değeri %63.7882 ile 1 numaralı örnek olarak belirlenmişken bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Kızartma öncesine ait linoleik asit ortalaması %56.4836 iken kızartma sonrasına ait yağların linoleik asit ortalaması %53.2277 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde linoleik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında azalmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen linoleik asit miktarı ayçiçek yağı için 18.7-74.0, mısır yağı için 34.0-65.6 arasında olması gerekmektedir. (TGGK, 2012). Tablo 23'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

4.7.13.Linolenik Asit

Yapılan analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağlarda en düşük linolenik asit değeri %0.2426 ile 3 numaralı ayçiçek yağı olarak belirlenirken istatistiksel olarak tüm numuneler ile benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). En yüksek linolenik asit değeri ise %0.3037 ile 13 numaralı mısır yağı örneğinde görülürken diğer tüm örnekler ile istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). Kızartma öncesine ait bütün yağlar istatistiksel olarak benzerlik göstermektedir ($p>0.05$).

Kızartma sonrasına ait yağlardan en düşük linolenik asit değeri %0.2516 ile 4 numaralı örnekte olarak belirlenirken 2 ve 15 numaralı örnekler hariç diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0.05$). Kızartma sonrasına ait en yüksek linolenik asit değeri %0.3991 ile 2 numaralı örnek olarak belirlenmişken 3, 4, 10 ve 13 numaralı örnekler hariç bütün numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Tablo 26. Kızartma Öncesi ve Kızartma Sonrası Yağlara Ait Linolenik Asit Sonuçları

Linolenik Asit Sonuçları(%)		
Numune No	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
1	0.2904±0.01 ^{*a**}	0.3098±0 ^{abc}
2	0.2515±0.01 ^a	0.3991±0.01 ^a
3	0.2426±0.02 ^a	0.2916±0 ^{bc}
4	0.2521±0.01 ^a	0.2516±0 ^c
5	0.2882±0.01 ^a	0.3042±0.02 ^{abc}
6	0.2819±0.02 ^a	0.2773±0.01 ^{bc}
7	0.2841±0.02 ^a	0.3034±0.01 ^{abc}
8	0.2616±0.01 ^a	0.3304±0.01 ^{abc}
9	0.2487±0.02 ^a	0.3116±0.01 ^{abc}
10	0.2461±0.01 ^a	0.2970±0 ^{bc}
11	0.2449±0.02 ^a	0.3029±0 ^{abc}
12	0.2724±0.02 ^a	0.3001±0.02 ^{abc}
13	0.3037±0.01 ^a	0.2949±0.01 ^{bc}
14	0.2844±0.01 ^a	0.3448±0.02 ^{abc}
15	0.3017±0.01 ^a	0.3595±0 ^{ab}
ORTALAMA	0.2703	0.3119

*Ortalamanın standart sapması. **Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur(P>0.05).

Kızartma öncesine ait linolenik asit ortalaması %0.2703 iken kızartma sonrasına ait yağların linolenik asit ortalaması %0.3119 olarak bulunmuştur. Bütün numuneler tek tek incelendiğinde linolenik asit değeri kızartma sonrası yağların tamamında artmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'nde izin verilen linolenik asit miktarı ayçiçek yağı için TED-0.5, mısır yağı için TED-2.0 arasında olması gerekmektedir. (TGK, 2012). Tablo 24'de verilen analiz sonuçlarına göre değerler ilgili standartlara uymaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu araştırmada halka tatlı yapımında kullanılan kızartma yağlarının, kızartma işlemiyle beraber yağda değişen fiziksel, kimyasal özellikleri ve trans yağ asitleri belirlenmiştir. Bu amaçla 15 farklı halka tatlı üreticisinden kızartma öncesi ve kızartma sonrasına ait yağ örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklerin kodlamaya göre ilk 12 tanesi ayçiçek yağı, son 3 tanesi ise (13,14 ve 15 No'lu örnekler) mısır yağı örneklerine aittir. Toplanan yağ örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri kalite açısından değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında yağların kırılma indisi, serbest yağ asidi, peroksit miktarı, sabunlaşma miktarı, iyot sayısı, renk analizi (L^* , a^* , b^* , c^* ve h), ve yağ asidi profilleri analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda kızartma öncesine ait yağların kırılma indisi değeri 1.4730 iken, kızartma sonrasına ait yağların kırılma indisi değeri 1.4744'e çıkmıştır. Kızartma öncesine ait yağların serbest yağ asidi miktarı 0.43 mg KOH/g yağ iken, kızartma sonrasına ait yağların serbest yağ asidi miktarı 2.32mg KOH/g yağ'a çıkmıştır. Kızartma öncesine ait yağların peroksit miktarı 4.25 mEq O₂/kg yağ iken, kızartma sonrasına ait yağların peroksit değeri 6.52mEq O₂/kg yağ'a çıkmıştır. Kızartma öncesine ait yağların sabunlaşma miktarı 193.52mg KOH/g yağ iken kızartma sonrasına ait yağların sabunlaşma miktarı 256.90mg KOH/g yağ'a çıkmıştır. Kızartma öncesine ait yağların b^* değeri 10.53 iken kızartma sonrasına ait yağların b^* değeri 33.21'e, kızartma öncesine ait yağların c^* değeri 10.81 iken kızartma sonrasına ait yağların c^* değeri 33.56'ya çıkmıştır.

Analiz sonucunda kızartma öncesine ait yağların trans yağ asidi olan elaidik asit miktarı %0.1969 iken kızartma sonrasına ait yağların elaidik asit miktarı %0.3109'a, kızartma öncesine ait yağların linolelaidik asit miktarı %0.2724 iken kızartma sonrasına ait yağların linolelaidik asit miktarı %0.2858'e çıkmıştır.

Analiz sonucunda kızartma öncesine ait yağların L^* değeri 95.83 iken kızartma sonrasına ait yağların L^* değeri 91.68'e, kızartma öncesine ait yağların a^* değeri -2.38 iken kızartma sonrasına ait yağların a^* değeri -3,24'e, kızartma öncesine ait yağların h değeri ise 102.82 iken kızartma sonrasına ait yağların h değeri 98.64'e azalmıştır.

Çalışmada kullanılan 10 numaralı örneğe ait kızartma sonrası yağının çalışmalara başlamadan önce çok koyu renge sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda ilgili örneğin serbest yağ miktarı, peroksit miktarı, sabunlaşma sayısı ve renk değerlerinin olumsuz yönde arttığı gözlemlenmiştir. İlgili örneğin defalarca kızartma işlemine maruz kaldığı düşünülmektedir.

Yapılan analizler sonucunda halka tatlısı üreticilerinden toplanan kızartma sonrası yağların, serbest yağ asidi miktarları ve sabunlaşma sayıları Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği'nde verilen standartlara uymadığı belirlenmiştir.



6. ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonrasında halka tatlıda yapılan kızartma işleminin yağ kalite değerlerinde belirgin bir azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Bu dönüşümlerin insan sağlığına olumsuz etkileri vardır. Bu sebeple halka tatlı üreticilerinin kızartma yağını sıklıkla değiştirmesi gerekmektedir. Aynı zamanda halka tatlı üreticileri sıklıkla denetime tabi tutulmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Halka tatlı üretimi sırasında kullanılan kızartma yağıyla ilgili daha detaylı çalışmaların yapılmasının hem üreticiye hem de tüketiciye faydalı bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir. Daha kapsamlı bölge bazında numunelerin toplanması ve örnek sayısının artırılmasıyla çalışma daha kapsamlı hale gelecektir. Ayrıca çalışma kapsamına farklı marka ve farklı türde yağ katılması, çalışmanın daha geniş bir alana ulaşmasını sağlayacaktır. Yapılacak yeni çalışmalarda analizler kapsamında kızartma öncesi ve kızartma sonrası yağlarda akrilamid miktarının belirlenmesinin çalışmaya olumlu sonuçlar katacağı da düşünülmektedir.

Önceki araştırmalarda trans yağ asitlerinin LDL kolesterol seviyesini yükselttiği, HDL kolesterol seviyesini ise düşürdüğü belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da koroner kalp hastalığı riskinin arttığı çeşitli araştırmalarla belirlenmiştir. Trans yağ asidi tüketiminin çok zararlı olup düşük doğum riskine sebep olduğu bilinmektedir. Araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda kızartma sonrası alınan yağ örneklerinde trans yağ asidi oranının arttığı belirlenmiştir. Bu sonuca göre halka tatlı tüketiminin sınırlı olması insan sağlığı için önemlidir.

KAYNAKÇA

- AOAC. (1984). AOAC Official Method 28.023, Iodine Absorption Number Wijs Method.
- AOAC.(1940).AOAC Official Method 940.28, Fatty acids (free) in crude and refined oils.
- AOAC. (1969). AOAC Official Method 965.33, Peroxide Value of Oils and Fats
- AOAC. (2000).Official method 921.08 – Index of Refraction of Oils and Fats.
- AOAC.(2000).Official method 969.33 and 969.22 Fatty acids in oils and fats preparation of methylesters / Gas chromatographic method.
- AOCS. (2017). Official Method of Saponification Analysis, Cd 3c-91
- AOCS.(2005). Determination of cis-, trans-, saturated, mono unsaturated and polyunsaturated fatty acids in vegetable or non-ruminant animal oils and fats by capillary GLC. Champaign US: AOCS Press.
- Aksulu İ. (2001). Tüketicide Sağlığını Koruma Bilinci ve Satın Alma Noktasında Tüketici Tutumları (Ambalajlı Gıda Ürünleri Üzerine Bir Araştırma), *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C16/S1
- Alajtal A.I.,Sherami F.E., Elbagermi M.A., (2018). Acid, Peroxide, Ester and Saponification Values for Some Vegetable Oils Before and After Frying. *AASCIT Journal of Materials* 2018; 4(2): 43-47
- Arslan C., Uzun.B.,Ulger.S.,Cağırğan. M. I., (2007). Determination of oil content and fatty acid composition of sesame mutants suited for intensive management conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 84. 917–920.
- Awuchi C. G.,Amagwula I.O., Victory I.S., (2018). Effects of Repeated Deep Frying On Refractive Index and Peroxide Value of Selected Vegetable Oils *International Journal Of Advanced Academic Research | Sciences. Technology&Engineering | Issn: 2488-9849 Vol. 4. Issue 4*
- Bansal G.,Zhou W., Tan T.W. , Neo F.L.,Lo H.L., (2009). Analysis of trans fatty acids in deep frying oils by three different approaches. *Food Chemistry* 116 (2009) 535–541
- Besler. H.T.,(2007). Yağların beslenmedeki rolü ve trans yağ asitleri. s. 27-46. Bilinmeyen Yönleriyle Margarin ve Beslenmedeki Rolü. (29 Haziran 2007- Konferans Notları).*Mümsad Yayınları*. No: 1
- Blom C.E., Grassi G., and Bauder A., (1984). Molecular structure of -cis- and-trans-a crolein determined microwave spectroscopy, *J. Am. Chem. Soc.*, 106: 7427-7431
- 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.
- Chen Y.,Yang Y.,Nie S Yang X Wang Y.,Yang M.,Li C.,Xie M.(2014). The analysis of trans fatty acid profiles in deep frying palm oil and chicken fillets with an improved gas chromatography method. *Food Control* 44 (2014) 191e197
- Çağlar N. ve Özaltın. N. F.,(2013). Geleneksel Tatlıların Yöresel Tatlarla Buluşmasına Bir Örnek Gül Sarması. *Akdeniz Sanat Dergisi*.6 (11). 56-64
- Çakmakçı S., Kahyaoğlu D.T., (2012).Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkileri, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 5 (2): 133-137.
- Ertaş Y. Ve Karadağ- Gezmen. M.,(2013). Sağlıklı Beslenmede Türk Mutfak Kültürünün Yeri. *G. Ü. Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2(1). 117-136.
- Gupta.V..Downs. S.M..Ghosh-Jerath.S..Lock K.. Singh A. (2016). Unhealthy Fat in Street and Snack Foods in Low-Socioeconomic Settings in India: A Case Study of The Food Environments of Rural Villages and an Urban Slum. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 48: 269-279.

- Fujisaki M., Endo Y., and Fujimoto K. (2002). Retardation of volatile aldehyde formation in the exhaust of frying oil by heating under low oxygen atmospheres, *J.AOCS*, 79: 909-914.
- Gloria H. and Aguilera J.M. (1998). Assessment of the quality of heated oils by differential scanning calorimetry, *J.Agric. Food Chem.*, 46: 1363-1368.
- Güler M.S., Fedai H., Demirbağ R. (2021). Kardiyovasküler Hastalıklarda Sağlıklı Beslenme Önerileri, *Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi (Journal of Harran University Medical Faculty)* 2021;18(2):342-348
- Hammouda, I. B., , M., Matthäus, B., Bouaziz, M. 2018. A comparative study on formation of polar components, fatty acids and sterols during frying of refined olive pomace oil pure and its blend coconut oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(13): 3514-3523.
- Karaca. E. ve Aytaç. S.,(2007). Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler, *Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Derg.*. 22(1): 123- 131.
- Kayahan. M.,(2009). Sağlıklı beslenme açısından trans yağ asitleri.. *II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*. 27-29 Mayıs 2009. Van.
- Keha E. E., Küfrelioğlu Ö. İ. (2000). Biyokimya, *Aktif Yayınevi*.
- Keskin, M., Setlek, P., Demir, S. (2017, November). Use of color measurement systems in food science and agriculture. In International advanced researches and engineering congress (Vol. 16, p. 18).
- Keskin Ş., Turan S., Solak R., (2019). Kızartılmış Hamurların Farklı Kızartma Koşullarında Renk Değerlerindeki Değişimin Belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 9(1): 423-432
- Kumar R., Bhattacharya B., Agarwal T., Chakkaravarthi S., (2020). Trans Fatty Acid Analysis of Frying Oil Using ATR-FTIR Spectroscopy: A Study on Indian Traditional Snack Foods, *Journal of Food Quality and Hazards Control* 7 75-83
- Kyriakidis, N.B. and Katsiloulis, T. (2000) Calculation of iodine value from measurements of fatty acid methyl esters of some oils: comparison with the relevant American oil chemists society method. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 77, 1235-1238. doi:10.1007/s11746-000-0193-3
- Mensink. R.P. ve Katan. M.B.,(1990). Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Engl. J. Med.*. 323: 439-445.
- Mol. S.,(2007). Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *J. Fisheries Sci. Com.* DOI: 10.3153/jfscom.2008023
- Olca İ. ve Besler. H.T.. Yeni doğanda beyin gelişimi ve omega-3 yağ asitleri, *Danone Enstitüsü Türkiye Derneği, Sağlık İçin Beslenme*
- Özdemir, N., Denkbaş E.B. (2003). Hayat veren yağlar: Omega yağları, *Bilim ve Teknik Dergisi* 427 : 78-80.
- Özen F.B., (2006). Tulumba Tatlısının Üretim Metodu İle Farklı Un Tipi Ve Katkı Kullanımının Son Ürün Kalitesine Etkisi Üzerine Bir Araştırma ,*Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*
- Özer M.S., Kola O., Altan A., Duran H., Zorlugenç B. (2012). Acrylamide Content of Some Turkish Traditional Desserts. *Journal of Food Agriculture & Environment* Vol.10 (1): 74-77.
- Pehlivanlı N.,Gürbilek M., Çetinkaya Ç.D., Topcu C.(2016). Trans-9 18:1 Oktadesenoik Asit İzomerinin İnsülin Direnci Üzerine Etkileri. *Van Tıp Dergisi* 23(3): 246-251.

- Rakıcıoğlu N., Baysal A., (1988). Yağda Kızartma Yöntemi İle Pişirmede Oluşan Fiziksel Ve Kimyasal Değişiklikler Ve Bunların İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi / J .Nutr. and Diet.*17 : 121 - 130.
- Ramli, N., Nafar, M., Jaswir, I. 2012. Oxidative stability of blend oil during deep-fat frying of potato chips. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(9): 730-734.
- Sacı H., (1972). Kızartma Yaparken Yağlarda Oluşan Değişiklikler ve Bu Yağların Beslenme ve Sağlığa Olan Etkileri, *Beslenme ve Diyet Dergisi*
- Saguy I.S., and Dana D., (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consume raspects, *Journal of Food Engineering*, 56: 143-152.
- Salahi F. (2018). Color Changes Kinetics During Deep Fat Frying of Carrot Slice. *Heat and Mass Transfer*.54 (11): 3421-3426.
- Saldamlı, I., 1985. Gıda Katkı Maddeleri ve İngrediyenler. *Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Gıda Müh. Böl. Ankara. Sherwin, E.R., 1978. Oxidation and Antioxidants in Fat and Oil Processing JAOCS* 55 (11) : 809-814.
- Samur. G.,(2006). Kalp Damar Hastalıklarında Beslenme. ISBN: 975-590-181-7.
- Sébédio J.L., Ratnayake W.M.N. (2008). Analysis of Trans Mono- and Polyunsaturated Fatty Acids, *AOCS Lipid Library*
- Selçuk Z., (2010). Ülkemizde Üretilen Çeşitli Çikolatalarda Trans Yağ Asitlerinin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi-Tekirdağ*
- Semma M., (2002). Trans Fatty Acids: Properties, Benefits and Risks, *Journal of Health Science*. 48(1) 7-13
- Stuckey, B.N., 1972. Antioxidants as Food Stabilizers. Ch. 3. In "CRC Handbook of Food Additives." Second ed. T.E, Furia (Ed), P 115,
- Tabasum S., (2012). Physicochemical Characterization and Frying Quality of Canola and Sunflower Oil Samples, *J.Chem.Soc.Pak..Vol. 34. No. 3.*
- Tariñç A., (2019) Avrupa Ve Türkiye'deki Sokak Tatlılarının Karşılaştırılması, *Turizmin Temelleri Kültürel Değerler. Pazarlama Ve İletişim (Pp.27-59)*
- Taşan M., Dağlıoğlu O., (2005). Trans Yağ Asitlerinin Yapısı, Oluşumu Ve Gıdalarla Alınması, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*
- Tekin. A., (2007). Margarin üretimi ve trans yağ asitleri, Bilinmeyen Yönleriyle Margarin ve Beslenmedeki Rolü. (29 Haziran 2007-Konferans Notları). *Mümsad Yayınları. No:1.*
- TGK, (2012). Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği (Tebliğ No: 2012/29)
- Uylaşer V. ve F. Başoğlu (2000) Gıda Analizleri 1-2. Uygulama Kılavuzu. *Uludağ Üniversitesi Yayınları. Bursa.*
- Vélez-Ruiz JF, Sosa-Morales ME, 2003. Evaluation of Physical Properties of Dough of Donuts During Deep-Fat Frying at Different Temperatures. *International Journal of Food Properties*, 6(2): 341-353.
- Yılmaz E. . Aydeniz B.. (2011). Quantitative Assessment of Frying Oil Quality in FastFood Restaurants *Gıda (2011) 36 (3): 121-127*