

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**MİNÖR BİLEŞENLERİN PİRİNA YAĞININ KIZARTMA STABİLİTESİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Kübra ŞAHİN ÖZKAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2015**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

16.09.2015

Kübra ŞAHİN ÖZKAN

ÖZET

Doktora Tezi

MINÖR BİLEŞENLERİN PİRİNA YAĞININ KIZARTMA STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kübra ŞAHİN ÖZKAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aziz TEKİN

Minör bileşenlerin (serbest yağ asitleri (SYA), skualen, mono ve digliseritler (MDG), steroller) pirina yağının kızartma stabilitesine etkilerinin belirlenmesi amacıyla, ağartılmış ve rafine pirina yağları moleküler destilasyon ünitesi kullanılarak 0.02 ve 0.5 mbar basınçta, 160, 200 ve 230 °C sıcaklıkta damıtılmış ve farklı minör bileşen içeriğine sahip fraksiyonlar (1-4) hazırlanmıştır. SYA ve destilasyonla yağdan ayrılan diğer minör bileşenler, bu bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyona ayrı ayrı ilave edilerek 5, 6 ve 7. fraksiyonlar hazırlanmıştır. Her bir fraksiyonla, 5 gün boyunca, 180 °C'da 3 dakika olmak üzere 40 kızartma yapılmıştır. Kızartma stabilitesinin değerlendirilmesi amacıyla yağların polimer trigliserit, polar madde, SYA içerikleri, dumanlanma noktası, p-anisidin, renk indeksi, viskozite değerleri, yağ asidi bileşimleri ve iyot sayıları belirlenmiştir. Patateslerdeki değişiklikler de nem, yağ, renk ve tekstür analizleri ile incelenmiştir.

Kızartma süresince polimer trigliserit içeriği en düşük fraksiyon 7. fraksiyon (MDG) iken, polar madde içeriği en düşük fraksiyon ise rafine pirina yağının damıtılmasıyla elde edilen 4. fraksiyondur. 4. fraksiyon, SYA içeriği ve dumanlanma noktası açısından da en uygun kızartma yağı olmuştur. En düşük p-anisidin ve renk indeksi değerleri, sırasıyla, 5. (SYA) ve 6. (skualen) fraksiyonda belirlenmiştir. Viskozite değerleri 1. fraksiyon (skualen+MDG+sterol) dışındaki tüm fraksiyonlarda artmıştır. Oleik, linoleik, linolenik asit azalmış, palmitik ve stearik asitin yüzdesi ise artmıştır. Kızartma süresince iyot sayısı değerleri de azalmıştır. En çok nem kaybeden ve en fazla yağ çeken patatesler, 4. fraksiyonla kızartılanlardır. Kızartma sonunda patateslerin L* değerleri genel olarak azalmış, a* ve b* değerleri artmıştır. 1. fraksiyonda kızartılan patateslerin, en yüksek F1 ve F2 değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Eylül 2015, 119 sayfa

Anahtar Kelimeler: Pirina yağı, kızartma, stabilite, minör bileşenler, serbest yağ asitleri, skualen, mono ve digliseritler, steroller

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE EFFECTS OF MINOR COMPOUNDS ON THE FRYING STABILITY OF OLIVE POMACE OIL

Kübra ŞAHİN ÖZKAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Aziz TEKİN

The objective of this study was to determine the effects of minor components (free fatty acids (FFA), squalene, mono and diglycerides (MDG), sterols) on the frying stability of olive pomace oil. For this aim, bleached and refined olive pomace oils were distilled using a short path distillation unit at 0.02 and 0.5 mbar pressures; 160, 200 and 230 °C temperatures and oil fractions with different minor contents were obtained (1st-4th fractions). Minor compounds mentioned above were added to the 4th fraction prepared by distillation of refined olive pomace oil, at different proportions and the 5, 6 and 7. fractions were obtained. Then 40 fryings were performed using each oil fraction at 180 °C for 3 minutes during five days. Polymerized triglycerides, polar compounds, free fatty acids contents, smoke point, p-anisidine, color index, viscosity values, fatty acid composition and iodine values of oils were determined to evaluate the frying stability. Moisture, fat, color and texture analyses were also done to monitor the changes in potatoes during frying.

During frying, the polymerized triglycerides and polar compounds were the lowest in the 7th fraction (MDG) and the 4th fraction (refined oil), respectively. At the same time, the 4th fraction was the optimum frying medium because of the lowest FFA content and the highest smoke point values. The lowest p-anisidine and color index values were determined in the 5th fraction (FFA) and the 6th fraction (squalene), respectively. Viscosity values increased in all fractions except in the 1st fraction (squalene+MDG+sterol). Oleic, linoleic and linolenic acid contents of all fractions decreased while the percentages of palmitic acid and stearic acid increased. Iodine values also decreased throughout the frying. The potatoes fried in the 4th fraction had the lowest moisture content and the highest fat content. L* values of the potatoes generally decreased but a* and b* values increased at the end of the frying. The potatoes fried in the 1st fraction had the highest F1 and F2 values.

September 2015, 119 pages

Key Words: Olive pomace oil, frying, stability, minor compounds, free fatty acids, squalene, mono and diglycerides, sterols

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sn. Prof. Dr. Aziz TEKİN'e (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); değerli bilgi ve birikimleriyle hep yanımda olan Sn. Prof. Dr. Ali BAYRAK'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); yakın ilgileri ile beni destekleyen Prof. Dr. Nuray KOLSARICI'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); çalışmalarım boyunca bilgi ve destekleriyle her türlü kolaylığı gösteren Sn. Doç. Dr. Behiç MERT (Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Sn. Doç. Dr. Mustafa KIRALAN'a (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); proje kapsamında laboratuvar aşamasındaki katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Aslı YORULMAZ (Adnan Menderes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü), Araş. Gör. Onur KETENOĞLU (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Araş. Gör. S. Sezer KIRALAN'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); tez yazımı sırasındaki yardım ve önerilerinden dolayı Araş. Gör. Dr. Eda DEMİROK SONCU'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı); tüm Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü çalışanlarına ve doktora çalışmam süresince hep yanımda olan, beni her zaman destekleyen, fedakarlıklarını ve yardımlarını esirgemeyen annem Sabriye ŞAHİN, babam İmdat ŞAHİN, ablam Burcu İŞCAN, kardeşim Ümit ŞAHİN ve eşim Bahadır ÖZKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, 110O193 numaralı ve “Pirina Yağının Kızartma Stabilesinin Belirlenmesi” konulu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kübra ŞAHİN ÖZKAN

Ankara, Eylül 2015

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 Pirina Yağı.....	4
2.2 Derin Kızartma.....	5
2.2.1 Derin kızartma sırasında yağda meydana gelen tepkimeler.....	7
2.2.1.1 Hidroliz.....	7
2.2.1.2 Oksidasyon.....	8
2.2.1.3 Polimerizasyon.....	9
2.3 Derin Kızartma Sırasında Yağ Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	12
2.4 Minör Bileşenlerin Kızartma Stabilitesi Üzerine Etkileri.....	15
2.5 Derin Kızartma İşleminin Beslenme Açısından Etkileri.....	18
2.5.1 Yağlardaki değişiklikler.....	18
2.5.2 Gıdalardaki değişiklikler.....	19
2.6 Moleküler Destilasyon.....	20
2.6.1 İnce film destilasyonu.....	21
2.6.2 Kısa yollu destilasyon (short path destilasyon).....	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	24
3.1 Materyal.....	24
3.2 Yöntem.....	24
3.2.1 Kızartma işlemi.....	24
3.2.2 Destilasyon.....	25
3.2.3 Kızartmada kullanılacak yağ fraksiyonlarının hazırlanması.....	27

3.3 Analiz Yöntemleri.....	28
3.3.1 Skualen miktarının belirlenmesi.....	28
3.3.2 Mono ve digliserit tayini.....	29
3.3.3 Sterol bileşiminin belirlenmesi.....	30
3.3.4 Tokoferol bileşiminin belirlenmesi.....	31
3.3.5 Toplam polar madde tayini.....	31
3.3.6 Polimer trigliserit tayini.....	31
3.3.7 Viskozite ölçümü.....	32
3.3.8 Yağlarda renk tayini.....	32
3.3.9 Serbest asitlik tayini.....	33
3.3.10 Peroksit değeri tayini.....	33
3.3.11 Özgül soğurma değerlerinin belirlenmesi.....	33
3.3.12 p-Anisidin değerinin belirlenmesi.....	33
3.3.13 Dumanlanma noktası tayini.....	34
3.3.14 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi.....	34
3.3.15 İyot sayısının belirlenmesi.....	35
3.3.16 Patateslerde nem tayini.....	35
3.3.17 Patateslerde yağ tayini.....	35
3.3.18 Patateslerde renk tayini.....	35
3.3.19 Patateslerde tekstür analizi.....	35
3.3.20 İstatistik analiz.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
4.1 Destilasyon Denemeleri.....	37
4.1.1 Serbest yağ asitlerinin destilasyonu.....	39
4.1.2 Skualenin destilasyonu.....	41
4.1.3 Mono ve digliseritlerin destilasyonu.....	44
4.1.4 Sterollerin destilasyonu.....	46
4.2 Kızartma Öncesi Fraksiyonlara Ait Özellikler.....	50
4.3 Kızartma Süresince Yağların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinde	
Meydana Gelen Değişimler.....	54
4.3.1 Polar madde değişimine ilişkin bulgular.....	54
4.3.2 Polimer trigliserit değişimine ilişkin bulgular.....	57

4.3.3 Viskozite değişimine ilişkin bulgular.....	60
4.3.4 Renk indeksi değişimine ilişkin bulgular.....	63
4.3.5 Serbest asitlik değişimine ilişkin bulgular.....	65
4.3.6 p-Anisidin değişimine ilişkin bulgular.....	68
4.3.7 Dumanlanma noktası değişimine ilişkin bulgular.....	71
4.3.8 Yağ asidi bileşimi ve iyot sayılarındaki değişime ilişkin bulgular.....	74
4.4 Kızartma Süresince Patateslerin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler.....	88
4.4.1 Patateslerin nem içeriğindeki değişim.....	88
4.4.2 Patateslerin yağ içeriğindeki değişim.....	91
4.4.3 Patateslerdeki renk değişimi.....	93
4.4.4 Patateslerdeki tekstür değişimi.....	100
5. SONUÇ.....	104
KAYNAKLAR.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	117

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

α	Alfa
β	Beta
$^{\circ}\text{C}$	Celcius
cm	Santimetre
dk.	Dakika
Δ	Delta
δ	Delta
γ	Gama
g	Gram
kg	Kilogram
L	Litre
mPa	Megapaskal
m	Metre
μm	Mikrometre
mbar	Milibar
meq	Miließdeğer
mg	Miligram
mg/kg	Miligram/kilogram
mm	Milimetre
mmHg	Milimetre civa
mL	Mililitre
mtorr	Militor
rpm	Dakikada devir
s	Saniye
t	Trans izomer
%	Yüzde
14:0	Miristik asit
15:0	Pentadekanoik asit
15:1	Pentadesenoik asit
16:0	Palmitik asit
16:1	Palmitoleik asit
17:0	Heptadekanoik asit
17:1	Heptadesenoik asit
18:0	Stearik asit
18:1	Oleik asit
18:2	Linoleik asit
18:3	Linolenik asit
20:0	Araşidik asit
20:1	Gadoleik asit
22:0	Behenik asit
24:0	Lignoserik asit

Kısaltmalar

AOCS	Amerikan Yağ Kimyacıları Derneği
BSTFA	N,O-Bis (Trimetilsilil) triflorasetamit
DAD	Diyot Dizini Dedektör
ELSD	Buharlaştırıcı Işık Saptırma Dedektörü
FID	Alev İyonlaştırmalı Dedektör
frk.	Fraksiyon
GC	Gaz Kromatografi
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi
İS	İyot Sayısı
MDG	Mono ve digliseritler
SYA	Serbest yağ asitleri
THF	Tetrahidrofur
TMCS	Trimetilklorosilan

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Derin kızartma sırasında meydana gelen değişimler (Fritsch 1981).....	6
Şekil 2.2	Derin kızartma sırasında yağda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler (Choe ve Min2007).....	7
Şekil 2.3	204 °C (üst) ve 190 °C’da (alt) günde 8 saat ısıtılan çeşitli ticari yağların polimer trigliserit içerikleri (Takeoka vd. 1997).....	11
Şekil 2.4	Kısa yollu (short path) evaporatör.....	22
Şekil 3.1	Kızartma işlemi akım şeması.....	25
Şekil 3.2	Araştırmada kullanılan laboratuvar ölçekli kısa yollu (short path) destilasyon sistemi.....	26
Şekil 4.1	Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağların SYA içeriklerindeki değişim.....	40
Şekil 4.2	Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağların skualen içeriklerindeki değişim.....	42
Şekil 4.3	Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağların MDG içeriklerindeki değişim.....	44
Şekil 4.4	Farklı sıcaklık ve 0.02 mbar basınçta destile edilen yağlara ait toplam sterol içeriği (mg/kg).....	47
Şekil 4.5	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun polar madde içeriklerindeki değişim.....	55
Şekil 4.6	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun polimer trigliserit içeriklerindeki değişim.....	57
Şekil 4.7	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun viskozitelerindeki değişim.....	60
Şekil 4.8	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun renk indekslerindeki değişim.....	63
Şekil 4.9	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun serbest asitlik değerlerindeki değişim.....	65
Şekil 4.10	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun p-anisidin değerlerindeki değişim.....	68
Şekil 4.11	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun dumanlanma noktalarındaki değişim.....	71
Şekil 4.12	Kızartma sırasında 1. fraksiyonun (skualen+MDG+sterol) doymamış yağ asitlerindeki değişim.....	84
Şekil 4.13	Kızartma sırasında 2. fraksiyonun (MDG+sterol) doymamış yağ asitlerindeki değişim.....	84
Şekil 4.14	Kızartma sırasında 3. fraksiyonun (sterol) doymamış yağ asitlerindeki değişim.....	85
Şekil 4.15	Kızartma sırasında 4. fraksiyonun (rafine yağ) doymamış yağ asitlerindeki değişim.....	85
Şekil 4.16	Kızartma sırasında 5. fraksiyonun (SYA) doymamış yağ asitlerindeki değişim.....	86

Şekil 4.17	Kızartma sırasında 6. fraksiyonun (skualen) doymamış yağ asitlerindeki değişim.....	86
Şekil 4.18	Kızartma sırasında 7. fraksiyonun (MDG) doymamış yağ asitlerindeki değişim.....	87
Şekil 4.19	Kızartma sırasında farklı fraksiyonların iyot sayılarındaki değişim.....	87
Şekil 4.20	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin nem içeriğindeki değişim.....	89
Şekil 4.21	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin yağ içeriğindeki değişim.....	91
Şekil 4.22	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin “L*” değerindeki değişim.....	94
Şekil 4.23	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin “a*” değerindeki değişim.....	96
Şekil 4.24	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin “b*” değerindeki değişim.....	98
Şekil 4.25	Patateslerin üst kabuğunun delinmesi için gerekli kuvvetin kızartma süresince farklı yağlardaki değişimi.....	100
Şekil 4.26	Patateslerin alt kabuğunun delinmesi için gerekli kuvvetin kızartma süresince farklı yağlardaki değişimi.....	102

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Kesikli kızartma sırasında ayçiçek yağında oluşan polimer bileşiklerin miktarı (mg/100 mg yağ) (Cuesta vd. 1993).....	10
Çizelge 3.1	Destilasyon çalışmalarında kullanılan işlem parametreleri.....	26
Çizelge 4.1	Farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen destilasyon işlemlerinin pirina yağının yağ asidi bileşimi ve SYA içeriği üzerine etkisi...	38
Çizelge 4.2	Farklı karıştırıcı hızlarında yapılan destilasyon işlemlerinin pirina yağının SYA içeriğine etkisi.....	38
Çizelge 4.3	Destilasyon çalışmalarında kullanılan işlem parametreleri.....	39
Çizelge 4.4	Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağlara ait SYA içerikleri (%).....	39
Çizelge 4.5	Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağlara ait skualen içerikleri (mg/kg).....	43
Çizelge 4.6	Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağlara ait MDG içerikleri (%).....	45
Çizelge 4.7	Farklı sıcaklık ve 0.02 mbar basınçta destile edilen yağlara ait sterol içeriği (mg/kg).....	48
Çizelge 4.8	Farklı sıcaklık ve 0.02 mbar basınçta destile edilen yağlara ait sterol bileşimi (%).....	49
Çizelge 4.9	Ağartılmış ve rafine pirina yağlarının minör bileşimi.....	50
Çizelge 4.10	Kızartma öncesi fraksiyonlara ait özellikler.....	52
Çizelge 4.11	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait toplam polar madde içerikleri (%) (n=2).....	56
Çizelge 4.12	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait toplam polimer trigliserit içerikleri (%) (n=2).....	59
Çizelge 4.13	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait viskozite değerleri (mPa.s) (n=2).....	62
Çizelge 4.14	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait renk indeksi değerleri (n=2).....	64
Çizelge 4.15	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait serbest asitlik değerleri (%) (n=2).....	67
Çizelge 4.16	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait p-anisidin değerleri (n=2).....	70
Çizelge 4.17	Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait dumanlanma noktaları (°C) (n=2).....	73
Çizelge 4.18	Kızartma sırasında 1. fraksiyonun (skualen+MDG+sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2).....	76
Çizelge 4.19	Kızartma sırasında 2. fraksiyonun (MDG+sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2).....	77
Çizelge 4.20	Kızartma sırasında 3. fraksiyonun (sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2).....	78
Çizelge 4.21	Kızartma sırasında 4. fraksiyonun (rafine yağ) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2).....	79
Çizelge 4.22	Kızartma sırasında 5. fraksiyonun (SYA) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2).....	80

Çizelge 4.23	Kızartma sırasında 6. fraksiyonun (skualen) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2).....	81
Çizelge 4.24	Kızartma sırasında 7. fraksiyonun (MDG) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2).....	82
Çizelge 4.25	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin nem içerikleri (%) (n=2).....	90
Çizelge 4.26	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin yağ içerikleri (%) (n=2).....	92
Çizelge 4.27	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait “L*” değerleri (n=2).....	95
Çizelge 4.28	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait “a*” değerleri (n=2).....	97
Çizelge 4.29	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait “b*” değerleri (n=2).....	99
Çizelge 4.30	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait F1 değerleri (N) (n=2).....	101
Çizelge 4.31	Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait F2 değerleri (N) (n=2).....	103

1. GİRİŞ

Kızartma en eski, en hızlı ve en kolay gıda pişirme yöntemlerinden biridir. Kızartma işlemi, ilk olarak antik Çin’de ortaya çıkmış ve daha sonra tüm dünyaya yayılmıştır. Günümüzde evlerde, restaurantlarda ve sanayide geniş bir kullanım alanına sahiptir. Et, balık ve sebzeler gibi çok çeşitli gıdaların pişirilmesinde kızartmadan yararlanılmaktadır.

Kızartılacak gıda kızgın yağa daldırıldığında, yüzey sıcaklığı hızla yükselmekte ve içerdiği su da buharlaşarak süratle gıdadan uzaklaşmaktadır. Ancak kısa bir süre sonra, yüzeyde oluşan kuruma sonucu, içe doğru ilerleyen bir kabuklaşma meydana gelmektedir. Bundan sonraki aşamada ise, gıdanın yüzey sıcaklığı, içinde bulunduğu yağın sıcaklığına kadar yükselmektedir. Kızartma sırasında yüzeyde oluşan kabuk, poröz bir katmandır. Gıdadaki su buhar halinde bu porlardan uzaklaşırken, oluşan boşluklar da sıcak yağ tarafından doldurulmaktadır.

Derin kızartma işlemi, gıdanın 150-190 °C sıcaklığındaki yağ içine daldırılması ile yağ, gıda ve hava arasında aynı anda gerçekleşen, ısı ve kütle iletimi sonucunda gıdanın istenilen renk, doku ve lezzeti kazanarak kısa sürede pişmesini sağlayan bir prosestir. Derin kızartmada yağ ile gıda yüzeyi arasındaki ısı transferi konveksiyon yolu ile gerçekleşirken, gıdanın içinde oluşan ısı transferi kondüksiyon yolu ile meydana gelmektedir.

Tüm katı ve sıvı yağlarda hidrokarbonlar, steroller, tokoferoller, renk bileşikleri ve iz elementler gibi çeşitli minör bileşenler mevcuttur. Bu bileşenlerden bazıları, tokoferoller (özellikle γ -tokoferol), fosfolipitler (100 mg/kg’dan daha az), karotenoitler (düşük düzeylerde), skualen ve Δ -5-avenasterol gibi belirli steroller, kızartma sırasında stabiliteyi pozitif yönde etkilemektedirler (Kochhar 2001). Kızartma sıcaklığında yağda bulunan α -tokoferol daha hızlı parçalanmakta ve 4 adet oksidasyon ürünü oluşturmaktadır. Bu ürünlerden yalnızca α -tokoferol etan dimer antioksidan aktivite göstermektedir. γ -Tokoferol ise antioksidatif etki gösterebilen daha stabil bileşenlere

okside olduğundan α -tokoferole nazaran daha etkindir. Bu nedenle γ -tokoferol, kızartma yağının stabilitesini α -tokoferole göre daha iyi geliştirir ve böylece depolama sırasında kızarmış ürünlere daha iyi bir koruma sağlar. Sterollerden Δ -5-avenasterol, Δ -7-avenasterol ve sitrostadienol de kızartma sıcaklığında birer antioksidan olarak davranırlar (Kochhar 2000).

Bazı minör bileşenler de kızartma sırasında yağın stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bileşenlerden biri olan serbest yağ asitleri, kızartma sırasında trigliseritlerin ileri hidrolizini katalizledikleri gibi, oksidasyonu da teşvik etmektedir. Ayrıca kızartma yağında bulunan serbest yağ asitlerinin neden olduğu duman, kontrol altında tutulmazsa, yangına yol açabilmektedir. Kızartma yağında orta düzeyde ya da yüksek derişimde bulunan lesitin ve kısmi gliseritler de aşırı köpük oluşumuna neden olmaktadır. Lesitinler ayrıca yüksek kızartma sıcaklıklarında yağın renginin kararmasına da sebep olmaktadır (Kochhar 2001).

Pirina yağı, zeytinyağı eldesinden sonra kalan pirinanın kurutularak çözücü ekstraksiyonuna tabi tutulmasıyla elde edilen yağdır. Ham pirina yağı yemeklik kullanım amacıyla rafine edilmektedir. Yağ eldesinde çözücü ekstraksiyonu kullanıldığı için, rafine pirina yağında zeytinyağına göre daha yüksek oranlarda minör bileşen (sterol, mono ve digliserit, mumsu madde vb.) bulunmaktadır. Söz konusu bileşenlerin rafine pirina yağındaki miktarlarını ise uygulanan rafinasyon tekniği belirlemektedir.

Tamamlanmış olan tez kapsamında, ağartılmış pirina yağı moleküler destilasyon ünitesi ile farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilerek, skualen, mono ve digliseritler ve steroller belirli oranlarda yağlardan uzaklaştırılmıştır. Böylece kızartmada kullanılmak üzere farklı minör bileşen içeriğine sahip fraksiyonlar hazırlanmıştır. Bundan sonra destile edilmiş rafine pirina yağına, yağdan destilasyonla ayrılan minör bileşenler ve serbest yağ asitleri ayrı ayrı ilave edilerek toplamda 7 fraksiyon elde edilmiştir.

Tüm fraksiyonlar 180 °C’da 3 dk olmak üzere, 5 gün boyunca toplam 40 kızartma işleminde kullanılmış ve her gün 4. ve 8. kızartmadan sonra alınan yağ örnekleri,

kızartma stabilitesinin belirlenmesi amacıyla, polar madde, polimer trigliserit, viskozite, renk indeksi, serbest asitlik, p-anisidin, dumanlanma noktası, yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı analizlerine tabi tutulmuştur. Bunlara ilaveten kızartma sırasında patates örneklerinde meydana gelen değişiklikler de nem, yağ, renk ve tekstür analizleri ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar pirina yağının kızartma stabilitesi üzerine minör bileşenlerin etkisini ortaya koymaktadır. Minör bileşenlerin kızartma stabilitesi üzerindeki rollerini inceleyen çok az sayıda çalışma mevcut olduğu için, elde edilen bulguların aynı zamanda literatürdeki bu eksikliğe de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Pirina Yağı

Pirina yağı, zeytinyağı üretiminin yan ürünlerinden biri olan pirinanın, kurutulup çözücü ekstraksiyonuna tabi tutulmasıyla elde edilen yağdır. Pirina, yağ elde etmede yararlanılan yönteme bağlı olarak %4-8 oranında yağ içerdiğinden, önce %10 nem düzeyine kadar kurutulmakta ve daha sonra içerdiği yağ çözücü ekstraksiyonu tekniği ile alınmaktadır. Ekstraksiyon tekniği ile elde edilen pirina yağının serbest asitliği yüksek olduğu gibi, klorofil ve antosiyanin gibi renk maddeleri içeriği de yüksektir. Bunun yanında tipik tat ve kendine has ağır kokusu nedeniyle doğrudan gıda olarak tüketilemediğinden rafine edilerek tüketime sunulmaktadır (Kayahan ve Tekin 2006). “Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği’nde” üç farklı pirina yağı tanımlanmıştır (Anonim 2010).

Ham pirina yağı: Pirinanın çözücülerle ekstraksiyonu veya diğer fiziksel işlemler sonucu elde edilen, reesterifikasyon işleminden geçmemiş, diğer yağlar ve karışımları ile karıştırılmamış, doğrudan tüketime uygun olmayan, rafinasyon veya teknik amaçlı kullanıma uygun yağdır.

Pirina yağı: Rafine pirina yağı ve doğrudan tüketime uygun natürel zeytinyağları karışımından oluşan, serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 1.0 gramdan fazla olmayan yağdır.

Rafine pirina yağı: Ham pirina yağının doğal trigliserit yapısında değişikliğe yol açmayan metotlarla rafine edilmeleri sonucu elde edilen ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 0.3 gramdan fazla olmayan yağdır.

Pirina yağının rafinasyonu diğer tohum yağlarında olduğu gibi yapışkan maddelerin alınması, asitliğin giderilmesi, renk açma ve koku alma aşamalarını kapsamaktadır.

Rafine edilmiş pirina yağı gıda olarak tüketilebildiği gibi, yağ asitleri bileşimi yönünden, rafine zeytinyağına kıyasla önemli bir farklılık da göstermez (Kayahan ve Tekin 2006).

Pirina yağı yağ asitleri dağılımı ve iyot sayısı bakımından zeytinyağıyla aynı özelliklere sahip olmasına rağmen, çözücü ekstraksiyonuyla elde edildiği için, özellikle minör bileşenler (sterol, mono ve digliserit, mumsu madde vb) bakımından oldukça zengindir ve zeytinyağından farklılıklar göstermektedir. Minör bileşenlerin rafine pirina yağındaki miktarlarını uygulanan rafinasyon tekniği belirlemektedir.

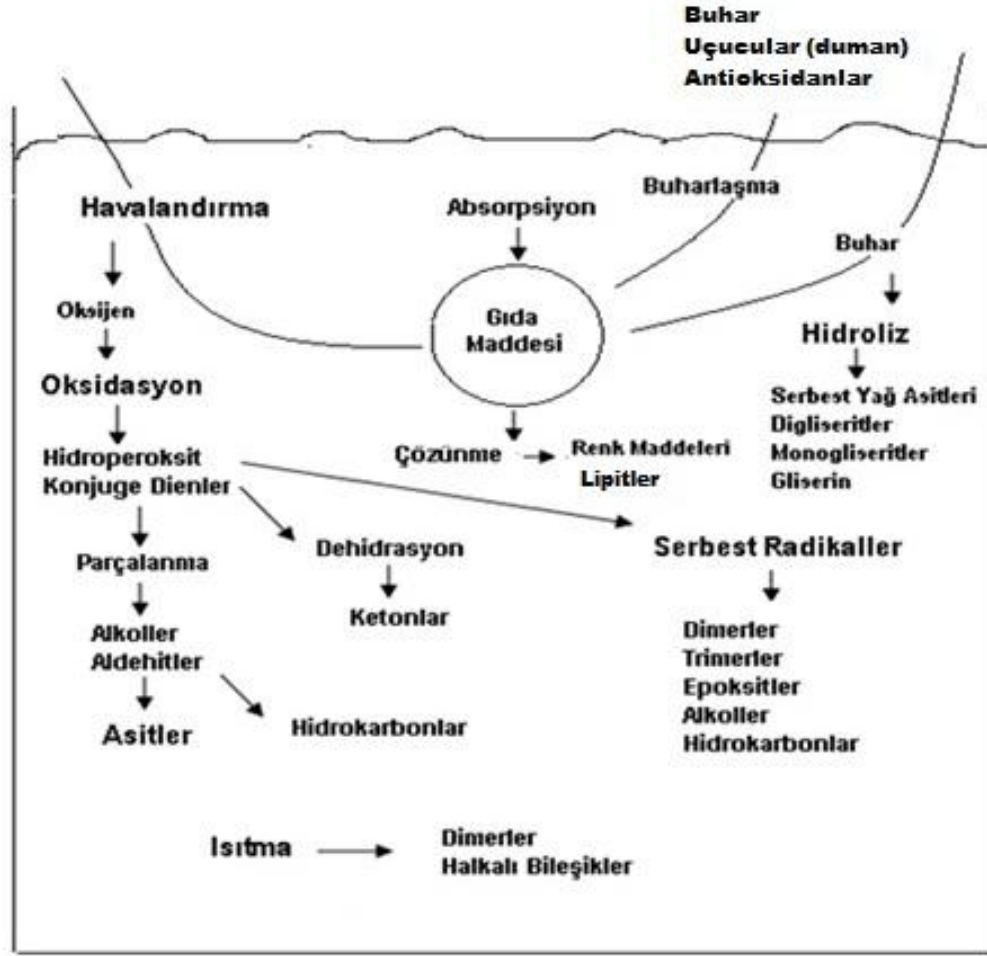
2.2 Derin Kızartma

Kızartma işlemi, ısı transferindeki farklılıklar esas alındığında, temaslı (sığ) ve derin kızartma olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Fellows 1988). Temaslı (sığ) kızartma yönteminde, ısıtıcı yüzeyden gıda yüzeyine doğru meydana gelen ısı transferi, ince bir yağ tabakası aracılığı ile sağlansa da, ortamdaki ısı transferinin hemen tümü kondüksiyon yolu ile gerçekleşmektedir (Kayahan 2002).

Derin yağda kızartma, evlerde ve endüstride halen yaygın olarak kullanılan, en eski gıda hazırlama tekniklerinden biridir. Derin kızartma işlemi, gıdanın yüksek sıcaklıktaki (150-190 °C) yağ içine daldırılması ile yağ, gıda ve hava arasında aynı anda gerçekleşen ısı ve kütle iletimi sonucunda gıdanın istenilen renk, tekstür ve lezzeti kazanarak kısa sürede pişmesini sağlayan bir prosestir (Choe ve Min 2007). Bu yöntemde, gıda yüzeyi yağ tarafından tamamen kaplandığı için, her noktada ısı transferi eşittir ve kızartma tekdüze olarak gerçekleşmektedir. Her çeşit ve formdaki gıda derin kızartma işlemi ile kızartılabilmektedir (Kayahan 2002).

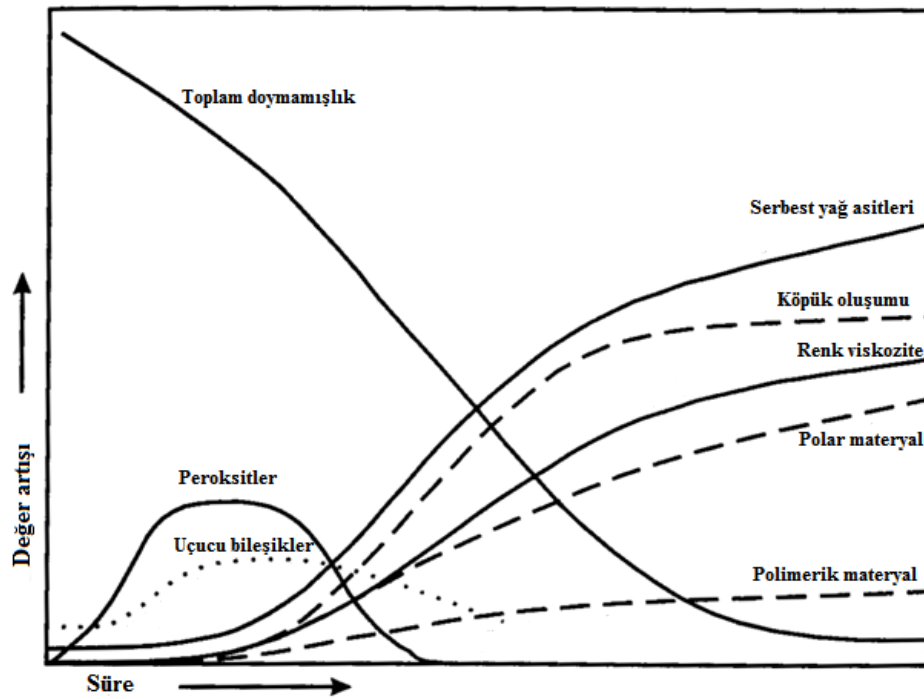
Kızartma sırasında yağ, nem ve hava varlığında yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Bu koşullar altında yağda hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon gibi tepkimeler meydana gelmektedir. Bu tepkimeler sonucunda da kızartılacak gıda ve kızartma yağının kalitesinde kayıplar oluşmaktadır (Sahin ve Sumnu 2009).

Kızartma işlemi sırasında gıdanın tekstürel özellikleri değişir, gıdadaki su uzaklaşır, nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu görülür. Kızartma yağının ise rengi, viskozitesi, polaritesi ve serbest yağ asidi miktarı değişir. Ayrıca kızartma işlemi yağların köpük oluşturma ve dumanlanma eğilimlerinin de değişmesine neden olur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Derin kızartma sırasında meydana gelen değişimler (Fritsch 1981)

Kızartma sırasında yağda termal, oksidatif ve hidrolitik tepkimeler meydana gelmektedir (Dobarganes vd. 2000). Bu tepkimeler sonucu oluşan uçucu bileşiklerin çoğu atmosferde buharlaşır, kalanı ise ya kimyasal tepkimelere maruz kalır ya da gıda tarafından absorbe edilir. Uçucu olmayan bileşikler ise yağ ve gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirirler. Bu bileşikler depolama sırasında kızarmış ürünlerin aroma ve tekstürünü etkilemektedirler. Derin yağda kızartma işlemi ile yağlarda ise, doymamış yağ asidi içeriği azalırken, köpük oluşumu, renk, viskozite, serbest asit, polar madde ve polimer trigliserit içeriği artmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Derin kızartma sırasında yağda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler (Choe ve Min 2007)

2.2.1 Derin kızartma sırasında yağda meydana gelen tepkimeler

2.2.1.1 Hidroliz

Lipit hidrolizi, kimyasal ve enzimatik hidroliz olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kimyasal hidrolizde, su, trigliseritlerin ester bağlarını parçalayarak, mono ve digliserit,

gliserol ve serbest yağ asitlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu hidroliz şeklinde suyun doğrudan kimyasal bir etkisi söz konusudur. Enzimatik hidrolizde ise, yine ortamda suyun bulunması gerekmesine rağmen, asıl etken, bitki ya da hayvan kaynaklı esteraz grubu enzimlerdir (Kayahan 2003).

Kızartma ortamındaki su miktarı arttıkça yağ hızla hidroliz olmakta ve içerdiği serbest yağ asidi miktarı artmaktadır. Kızartma sayısındaki artış da yağların serbest asit içeriklerini artırmaktadır (Chung vd. 2004). Bunlara ilaveten, mono ve digliseritler, gliserol ve serbest yağ asitleri yağın ileri hidrolizini hızlandırmaktadırlar (Frega vd. 1999). Kızartma yağının sık sık taze yağ ile değiştirilmesi ise hidrolizi yavaşlatmaktadır (Romero vd. 1998). Serbest yağ asitleri ve onların oksidasyon ürünleri yağların kızartma işlemi için uygunluğunu azaltmaktadır. Bu nedenle, serbest asitlik, kızartma yağlarının kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir.

Hidroliz, kısa zincirli ve doymamış yağ asitlerinden oluşan yağlarda, uzun zincirli ve doymuş yağ asitlerini içeren yağlara kıyasla, daha çok meydana gelmektedir. Çünkü kısa zincirli doymamış yağ asitlerinin sudaki çözünürlüğü, diğerlerine göre daha fazladır (Choe ve Min 2007).

2.2.1.2 Oksidasyon

Kızartma ve fırınlama gibi yüksek sıcaklıkta gerçekleşen gıda prosesleri sırasında oluşan oksidasyon, oksidatif ve termal tepkimelerin aynı anda meydana gelmesinden dolayı oldukça kompleks bir tepkimedir. Sıcaklık artışına bağlı olarak, oksijenin çözünürlüğünde önemli oranda düşüş meydana gelmesine rağmen, tüm oksidasyon tepkimeleri hızlanmaktadır (Velasco vd. 2009).

Kızartma yağları, oksijen varlığında, yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında, oksidasyona maruz kalmakta ve serbest radikal zincir tepkimeleri aracılığı ile hidroperoksitleri oluşturmaktadırlar. Stabil olmayan bu bileşikler, kızartma sıcaklıklarında, ikincil oksidasyon ürünlerini oluşturmak üzere parçalanırlar. Çoğu uçucu karakterde olan bu

bileşikler, arzu edilen tat ve koku oluşturdıkları gibi, bazen de istenmeyen tat ve koku oluşumuna neden olurlar. Oksidasyon tepkimesi, başlangıç, gelişme ve sonlanma aşamalarını içerir. Başlangıç aşamasında, lipit molekülleri (RH), genellikle ısı, ışık, metal iyonları (demir, bakır) gibi bir katalizör varlığında, oksijenle tepkimeye girerler ve serbest radikal ($R\cdot$) oluştururlar. Gelişme aşamasında, serbest radikaller, oksidasyonun ileri aşamalarında hidroperoksitlerin (ROOH) oluşumunda rol oynayan peroksi radikallerini ($ROO\cdot$) meydana getirirler. Bu aşamada bir taraftan hidroperoksitler meydana gelirken diğer taraftan da yeni serbest radikaller oluşur. Böylece tepkime spontan bir hal alır ve bu spontan tepkimeler, oksidasyonun son aşamasında, iki radikalın birbirleriyle tepkimeye girmesi sonucu son bulur (Gillatt 2001).

Hidroperoksitler, 150 °C'un üzerindeki sıcaklıklarda neredeyse hiç yoktur. Çünkü yüksek sıcaklıklarda, hidroperoksitlerin parçalanma hızları oluşum hızlarından daha yüksektir ve bundan dolayı polimerler, ısıtmanın çok erken aşamalarından itibaren oluşmaya başlarlar (Dobarganes 1998). Hidroperoksitlerin parçalanması sonucu, alkoller, aldehytler, kısa zincirli asitler ve hidrokarbonlar oluşur. Bu oluşumlar, kızartma yağının tat ve kokusunun değişmesine ve renginin koyulaşmasına neden olur.

2.2.1.3 Polimerizasyon

Derin kızartma sırasında meydana gelen dimerizasyon ve polimerizasyon, radikal tepkimeleridir. Uçucu olmayan polar bileşikler, trigliserit dimer ve polimerler, kızartma yağlarında oluşan en önemli parçalanma ürünleridir. Dimer ve polimerler, hidroperoksi, epoksi, hidroksi ve karbonil grupları ile -C-O-C ve -C-O-O-C bağlarını içeren büyük moleküllerdir. Bu bileşikler, ya serbest radikallerin, ya aynı trigliserit molekülündeki yağ asitlerinin ya da farklı trigliseritlerdeki yağ asitlerinin birbirleri ile etkileşimleri sonucu oluşmaktadır (Lalas 2009).

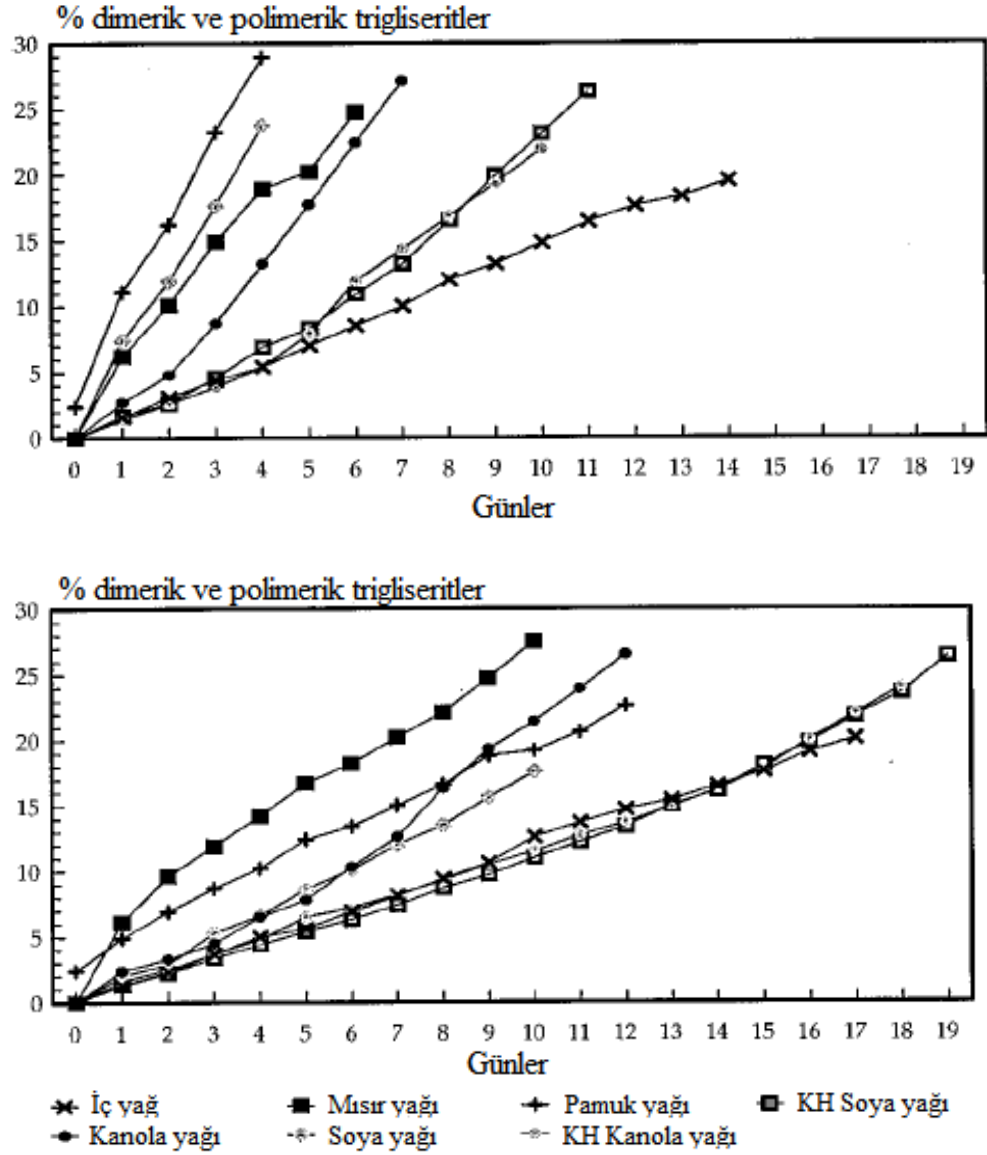
Trigliseritlerin oksijenle tepkimesi sonucunda da alkil hidroperoksitler (ROOH) veya dialkil peroksitler (ROOR) oluşmaktadır. Alkil hidroperoksitler ve dialkil peroksitler,

sırasıyla, RO-OH ve ROO-R bölünmeleriyle, kolayca alkoksi ve peroksi radikallerine parçalanmaktadır. Alkoksi radikalleri, ya yağ moleküllerinden hidrojen alarak hidroksi bileşiklerini oluşturmakta ya da diğer alkil radikalleri ile birleşerek oksidimerleri meydana getirmektedirler. Peroksi radikalleri ise alkil radikalleri ile birleşerek peroksi dimerleri oluşturmaktadır.

Dimer ve polimerlerin oluşumu, yağ çeşidi, kızartma sayısı ve sıcaklığına bağlıdır. Gomes ve Caponio (2000), karma pirina yağının rafine pirina yağına kıyasla daha düşük trigliserit oligopolimer ve okside trigliserit oluşturduğunu bildirmiştir. Yağ çeşidinin polimer oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise, linoleik asit bakımından zengin olan yağların derin kızartma sırasında oleik asitçe zengin olan yağlara göre daha kolay polimer bileşik oluşturdıkları belirlenmiştir (Bastida ve Sánchez-Muniz 2001). Cuesta vd. (1993) tarafından yapılan çalışmada, kızartma sayısı arttıkça, ayçiçek yağında oluşan polimer bileşik miktarının arttığı bildirilmiştir (Çizelge 2.1). Takeoka vd. (1997) tarafından yürütülen çalışmada, kızartma işlemlerinde yaygın olarak kullanılan yedi farklı yağın (sığır iç yağı, kanola yağı, kısmi hidrojene kanola yağı, mısır yağı, pamuk yağı, soya yağı, kısmi hidrojene soya yağı) fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine iki farklı kızartma sıcaklığının (190 ve 204 °C) etkisi araştırılmıştır. Buna göre, 204 °C’da gerçekleşen kızartma işlemi sonucunda oluşan polimer trigliserit miktarının, 190 °C’da yapılan kızartmada oluşandan daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 2.3).

Çizelge 2.1 Kesikli kızartma sırasında ayçiçek yağında oluşan polimer bileşiklerin miktarı (mg/100 mg yağ) (Cuesta vd. 1993)

	Kızartma sayısı				
	0	20	30	50	75
Trigliserit polimerler	0.10	1.65	2.50	3.15	3.44
Trigliserit dimerler	0.75	6.25	7.09	7.37	7.51



Şekil 2.3 204 °C (üst) ve 190 °C’da (alt) günde 8 saat ısıtılan çeşitli ticari yağların polimer trigliserit içerikleri (Takeoka vd. 1997)

Polimerizasyon, Diels-Alder tepkimesiyle trigliserit ya da serbest radikallerden, yüksek molekül ağırlıklı ve polariteli bileşiklerin oluştuğu bir tepkimedir. Siklik yağ asitleri, bir yağ asidi içerisinde; dimerik yağ asitleri, farklı trigliseritler arasındaki ya da aynı trigliseritteki iki yağ asidi arasında; yüksek molekül ağırlıklı polimerler ise bu moleküllerin çapraz bağlarla bağlanmasıyla oluşmaktadır (Warner 2009). Polimerler, yağda viskozite, köpük oluşumu, serbest asitlik, karbonil sayısı, hidroksil içeriği, sabunlaşma sayısı artışları yanında doymamışlığın azalmasına, renk koyulaşmasına ve

sonuçta yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin miktarının artmasına neden olmaktadırlar (Lalas 2009).

2.3 Derin Kızartma Sırasında Yağ Kalitesini Etkileyen Faktörler

Kızartma süre ve sıcaklığı, yağın bileşimi ve kalitesi, antioksidan içeriği, yağın dönüşüm oranı, yağın oksijen içeriği, kızartılacak gıdanın bileşimi ve fritöz çeşidi gibi faktörler kızartma sırasında yağ kalitesini etkilemektedirler.

Kızartma süresindeki artışla birlikte yağın serbest asit, polar madde (trigliserit dimerler ve okside trigliseritler gibi) ve polimer içeriği artmaktadır (Mazza ve Qi 1992, Romero vd. 1998, Xu vd. 1999, Tompkins ve Perkins 2000).

Kızartma sırasında meydana gelen termik oksidasyon ve polimerizasyon tepkimeleri, sıcaklığa bağlı olarak hızlanmaktadır. Tyagi ve Vasishtha (1996) tarafından yürütülen çalışmada, patates cipsleri soya yağı kullanılarak 170 ve 190 °C sıcaklıkta 70 saat boyunca kızartma işlemine tabi tutulmuş ve kızartma sonunda 170 °C’da sırasıyla %3.09 ve %1.68 olarak belirlenen konjuge dien ve trans asit içerikleri, 190 °C’da aynı sıra ile %4.39 ve %2.60 olarak tespit edilmiştir.

Oksidatif stabilite, yağ asidi bileşimi yanında yağın minör bileşen içeriği ile de ilişkilidir (Rossi vd. 2007). Çünkü yağ asidi bileşimi tek başına kızartma yağlarının stabilitesini belirlemede yeterli değildir (Normand vd. 2001). Bu konuda Przybylski ve Zambiasi (2000) tarafından yapılan çalışmada, yağ asidi dağılımının, yağların depolama ve kızartma stabilitesinden kısmen sorumlu olduğu, tokoferol, sterol ve pigmentler gibi minör bileşenlerin de kızartma stabilitesi üzerinde etkili oldukları belirtilmiştir.

Hindistan cevizi ve palm çekirdeği yağı gibi laurik asit bakımından zengin yağlar kızartma için uygun değildir. Çünkü laurik asit ve karbon sayısı 14’ten az olan diğer kısa zincirli yağ asitleri oldukça uçucu oldukları için, bu yağ asitlerini fazla miktarda

içeren yağlar kızartma işlemlerinde kullanıldıklarında aşırı bir duman oluşumu gözlenir. Palm yağı gibi laurik yağları dışındaki diğer yağlar kızartmada kullanıldıklarında, açığa çıkan yağ asitleri, daha yüksek molekül ağırlıklı ve daha az uçucu özellikte olduklarından oluşan duman daha az tehlike yaratmaktadır. Kızartma sırasında açığa çıkardığı duman sorun yaratmasa da, palm yağının doymuş yağ asidi içeriğinin yüksek oluşu kimileri tarafından besinsel açıdan bir dezavantaj olarak görülmektedir. Ancak bazı çevreler de iyot sayısı ve çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin düşüklüğünü göz önünde bulundurarak, palm yağının kızartma için oldukça uygun bir yağ olduğunu belirtmektedir. Çünkü çoklu doymamış yağ asitleri, genel olarak, oksidasyon ve kötü tat oluşumundan sorumludurlar. Doymuş ve linoleik ve linolenik asitler gibi çoklu doymamış yağ asidi içeriği, iyot sayısı değeri ve erime noktası düşük olan zeytinyağı da kızartma işlemleri için oldukça uygundur. Zeytinyağının oksidatif stabilitesinin yüksek oluşu, çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin düşük olması ve çeşitli fenolik antioksidanlar içermesiyle açıklanabilir (Rossell 2001).

Hidrojenasyon ve genetik modifikasyon teknikleri, kızartma yağlarının doymamış yağ asidi içeriğini azaltmak için yararlanılan yöntemlerdir. Kızartma sırasında meydana gelen oksidatif bozulmaları önlemek için hidrojenasyon tekniği kullanılabilir. Ancak bu tepkimenin yan ürünü olarak oluşan trans yağ asitleri, kızartma yağlarını sağlık açısından sakıncalı bir hale getirmektedir. Çünkü trans asitler, kalp-damar sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Oleik asit, çoklu doymamış yağ asitleriyle karşılaştırıldığında, gıdanın kızartılması ve pişirilmesi sırasında uygulanan yüksek sıcaklıkta oksidasyona karşı daha stabildir. Bu nedenle oleik asidi fazla miktarda içeren yağlar, çoklu doymamış yağ asidi içeriği yüksek olan yağlara kıyasla kızartma sırasında daha az oksidatif bozulmaya maruz kalırlar. Yüksek oleik, düşük linoleik ve linolenik asit içeren genetik modifiye yağların da, derin yağda kızartma işlemleri sırasında bozulmaya karşı diğer yağlardan daha stabil oldukları belirlenmiştir (Abdulkarim vd. 2007). Warner ve Knowlton (1997) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da, genetik modifiye yüksek oleik asitli mısır yağının normal mısır yağından daha stabil olduğu ortaya konulmuştur.

Doğal antioksidan olarak görev yapan tokoferoller, yağlardaki oksidatif degradasyon hızını azaltan önemli minör bileşenlerdir (Normand vd. 2006). Bitkisel sıvı yağlar önemli tokoferol kaynağıdır. Ancak tokoferoller, diğer minör bileşenlerde olduğu gibi, derin yağda kızartma sırasında parçalanabilirler. Yapılan bir çalışmada kızartma işleminin yağın α -tokoferol düzeyinde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Ancak ürün tarafından absorbe edilen yağda bulunan E vitamininin aktivitesinde önemli bir değişim gözlenmemiştir (Plessis ve Meredith 1999). Kızartma yağlarında doğal olarak bulunan antioksidanlar (tokoferoller, tokotrienoller, Δ -5-avenasterol ve sterol esterler gibi bazı steroller, skualen, sesamol, sesaminol, polifenoller vb.) kompleks kızartma sistemlerinin stabilizasyonunda çok önemli rol oynamaktadırlar. Bu bileşikler kızartma yağlarının performansını geliştirmekte ve kızarmış ürünlerin de raf ömrünü uzatmaktadırlar. Sesamol ve sesamolin radikal yakalayıcıları olarak kullanıldıklarından, kızartma yağındaki tokoferolün parçalanmasını azaltmaktadırlar. Pirinç kepeği yağından elde edilen orizanol de yüksek sıcaklıklarda tokoferolün parçalanmasını engellediğinden kızartma sırasında yararlı etki göstermektedir (Kochhar 2000). Susam yağındaki lignanlar da derin kızartmada etkili antioksidanlardır.

Kullanılmış kızartma yağına taze yağ ilavesi polar madde, digliserit ve serbest asit oluşumunu azaltmakta ve yağların kızartma ömrünü ve kalitesini artırmaktadır (Romero vd. 1998). Toplam yağ içindeki taze yağ oranı ne kadar fazla ise yağ kalitesi o kadar iyileşmektedir (Paul ve Mittal 1997).

Azot ya da karbondioksit kullanımı, yağdaki çözünmüş oksijen miktarını azaltacağı için, derin kızartma sırasında meydana gelen oksidasyonu yavaşlatmaktadır (Przybylski ve Eskin 1988). Karbondioksitin çözünürlüğü ve yoğunluğu azottan daha yüksek olduğu için, karbondioksit azota göre yağı oksidasyondan daha iyi korumaktadır.

Nem içeriği yüksek olan gıdaların derin yağda kızartılması sırasında yağda meydana gelen hidroliz tepkimeleri artmaktadır. Gıdanın içerdiği nem miktarı ne kadar fazlaysa, yağın hidroliz oranı da o kadar yüksektir. Bu olumsuz etkisinin yanı sıra nemin kızartma sırasında pozitif etki gösterdiği de bilinmektedir. Bu etki, kızartma sırasında

oluşan buharın fritöz üzerinde bariyer görevi görerek yağ ile havanın etkileşimini azaltması şeklindedir. Oluşan buhar aynı zamanda yağda oluşan peroksitleri, tat ve koku maddelerini de uzaklaştırmaktadır (Lalas 2009). Nişasta derin kızartma sırasında yağdaki bozulmayı artırırken, amino asitleri azaltmaktadır (Choe ve Min 2007).

Fritöz çeşidi de kızartma yağının kalitesi üzerine etki etmektedir. Demir ya da bakırdan yapılmış fritözler yağın oksidasyonunu hızlandırmaktadır. Fritöz üzerinde biriken polimerize olmuş yağ, gam ve köpük oluşumuna, yağın renginin koyulaşmasına ve yağın ileri derecede bozulmasına neden olmaktadır. Derin kızartma sırasında yağın hava ile minimum teması için fritözün yüzey-hacim oranının az olması tavsiye edilmektedir.

2.4 Minör Bileşenlerin Kızartma Stabilitesi Üzerine Etkileri

Tüm yağlar, kızartma sırasında yağ stabilitesini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyen çok çeşitli minör bileşenler içermektedirler. Bunlardan sesamolin (antioksidan prekürsörü), sesaminol ve izomerleri, susam çekirdeği yağında bulunan sesamol ve dimerleri ile pirinç kepeği yağında bulunan orizanol kızartma işlemleri sırasında stabiliteyi olumlu yönde etkilemektedirler (Rossell 2001).

Susam çekirdeği yağında önemli miktarlarda bulunan sesaminol ve izomerleri, sesamol ve sesamolin kızartma sırasında güçlü bir stabilize edici etki göstermektedirler. Sesamol ve sesaminol yağların termik oksidasyonu sırasında tokoferollerle sinerjetik etki gösterirler (Fukuda vd. 1994). Radikal yakalayıcıları olarak da kullanılan bu bileşikler, bu özellikleri sayesinde kızartma yağında bulunan tokoferollerin parçalanmasını engellemektedirler. Düşük antioksidan aktiviteye sahip olan sesamin lignanların da susam yağının kendine has pek çok sağlıkla ilişkili ve fizyolojik özelliğinden sorumlu oldukları bilinmektedir.

Pirinç kepeği yağında doğal olarak, %1.5-2.1 oranında bulunan orizanol, antioksidan aktivite gösteren bileşiklerin bir grubudur (Diack ve Saska 1994). Bu bileşikler esas olarak ferulik asitin sterol esterleridir. Sterol ferulatlar (orizanol) tokoferollerle birlikte

sinerjetik etki gösterirler. Bu nedenle, orizanolün kızartma sırasında gösterdiği yararlı etki, yüksek sıcaklıklarda tokoferollerin parçalanmasını yavaşlatmasından kaynaklanmaktadır. Orizanol bileşiklerinin antioksidan aktivitesi, bir fenolik grup içeren ferulik asit kısmına bağlanmaktadır (Marinova ve Yanishlieva 1994). Antioksidan etki mekanizması, alkil radikallerle tepkime sonucu serbest radikal zincir tepkimelerinin oluşumunun önlemesiyle açıklanmaktadır.

Diğer birçok sterolün aksine Δ -5-avenasterol, Δ -7-avenasterol ve sitrostadienol kızartma sıcaklıklarında birer antioksidan olarak davranırlar. Bu steroller ısıtılmış yağlardaki tokoferol kayıplarını geciktirerek yağların kızartma ömürlerini ve dolayısıyla kızarmış ürünlerin raf ömürlerini uzatmaktadır (Kochhar 2001). Etiliden grup içeren bu steroller ayrıca yağı kızartma işlemi gibi yüksek sıcaklıklarda meydana gelen polimerizasyona karşı da korumaktadırlar. Winkler ve Warner (2008) ise, 8 saat boyunca ısıtılan soya yağının polimerizasyonu üzerine sterol yapısının etkisini inceledikleri çalışmalarında, polimerizasyonu önlemede sterollerin doymamışlık derecesinin, etiliden grup varlığından daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Skualenin kızartma stabilitesi üzerine etkileri ile ilgili bilgiler oldukça sınırlıdır. 170 °C'da ısıtılan model yağ sistemleri ve kanola yağı üzerine skualenin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, skualenin etiliden grup içeren steroller kadar güçlü olmasa da polimerizasyonu belirli bir ölçüde sınırlandırdığı bildirilmiştir (Malecka 1994). Abdalla (1999) tarafından yürütülen çalışmada ise, 180 °C'da 10 gün boyunca gerçekleştirilen kızartma işlemleri sırasında, ayçiçek yağının stabilitesi üzerine zeytinyağı destilatından ekstrakte edilen sabunlaşmayan maddelerin etkisi incelenmiştir. Ayçiçek yağına 3 farklı konsantrasyonda (%0.2, %0.5 ve %1) ilave edilen ekstrakt, %77.4 skualen, %13.1 sterol ve %4.9 oranında tokoferol içermektedir. Kızartma sırasında meydana gelen oksidasyonu geciktirmede en güçlü etkiyi ayçiçek yağına sabunlaşmayan maddelerin %1 oranında ilave edildiği fraksiyon göstermiştir. Çünkü bu örnek, en yüksek skualen, Δ -avenasterol ve tokoferol içeriğine sahip olan fraksiyondur. 10 gün sonunda, skualen içeriğinde %79, Δ -avenasterol ve tokoferol içeriğinde ise %69 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Bu kayıplar her bir bileşiğin sahip olduğu farklı antioksidan mekanizmalarıyla ilişkilendirilmiştir. Tek başına, skualenin kızartma sıcaklığındaki

etkisi tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak skualen ve tokoferollerin birlikte zincir kırıcı antioksidanlar gibi çalıştıkları, peroksi radikallerini yakalayarak oksidasyonun gelişmesini önledikleri belirlenmiştir. Bu tepkimeler sırasında kendileri de okside olan skualen ve tokoferollerden, önce skualenin kullanıldığı düşünülmektedir. Çünkü skualen kaybının tokoferollerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

β -Karoten, yüksek konsantrasyonlarda (>0.01) ve kızartma sıcaklıklarında prooksidan davranış sergilediği için koruyucu etki göstermez. Kızartma yağlarının stabiliteilerini geliştirmek için, lesitin kullanımı ile ilgili oldukça sınırlı sayıda araştırma mevcuttur. Kızartma yağlarına 0.1 oranında lesitin ilavesinin renk ve köpük oluşumunu olumsuz yönde etkilediği, ancak kızartma işlemleri sırasında önemli antioksidatif etki gösterdiği bildirilmiştir (Chu 1991, Kourimska vd. 1995). Bu koruyucu etki, fosfolipitlerin tokoferoller ve yağda doğal olarak bulunan diğer fenolik antioksidanlarla birlikte sinerjetik etki göstermeleriyle açıklanmaktadır. Bu konudaki genel kanı, kızartma yağına düşük oranda ilave edilen lesitin (<0.01) renk ve köpük oluşumu üzerine herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı ve yağ stabilitesini kayda değer ölçüde geliştirdiği şeklindedir (Kochhar 2001).

Tokoferoller tüm bitkisel yağlarda bulunan minör bileşiklerdendir. Bu bileşiklerin antioksidan aktiviteleri, büyük ölçüde, ilave edildikleri substrata, sıcaklığa, ışık ve oksijen varlığına, ortamda geçiş metalleri ve çeşitli sinerjistlerin bulunup bulunmadığına bağlı olarak değişir. Tokoferollerin çeşit ve miktarı yağdan yağa değişmektedir. Tohum yağlarında yaygın olarak bulunan tokoferoller, α , γ ve δ -tokoferollerdir. Bu bileşikler işleme, depolama, nakliye ve kızartma sırasında yağ oksidasyona karşı korumaktadırlar (Gupta 2005). Tokoferoller bazen tek başlarına yeterli bir antioksidan etki gösteremezler. Bu durumda sinerjist adı verilen doğal ya da yapay bileşiklerle birlikte kullanılarak antioksidan aktiviteleri geliştirilebilir. Che Man ve Jaswir (2000) yaptıkları çalışmada, palm oleine ilave edilen biberiye ve adaçayı ekstraktlarının, patateslerin kesikli kızartması sırasında, yağdaki bozulmayı önemli ölçüde geciktirdiklerini tespit etmişlerdir.

Bazı minör bileşenler de kızartma sırasında yağ stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Serbest yağ asitleri, kızartma sırasında trigliseritlerin ileri hidrolizini katalizledikleri gibi, oksidasyonu da teşvik etmektedir. Serbest asit miktarı %2'nin üzerine çıktığında duman oluşmaktadır. Bu durum, uçucu özellikteki serbest yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır.

İz elementlerin, özellikle kızartma işlemleri sırasında uygulanan yüksek sıcaklıklarda, yağların hem oksidatif hem de aroma stabiliteleri üzerine zararlı etkileri vardır. Kızarmış ürünün depolanması aşamasında, demir ve bakır gibi iz elementler, hidroperoksitlerin parçalanarak, üründe arzu edilmeyen aromanın oluşumundan sorumlu ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesine neden olmaktadır. Demirden 10 kat daha fazla aktif olan bakır en etkili prooksidan iz elementtir (Rossell 2001). Bu nedenle bakır ve alaşımları (pirinç ve bronz) kızartma ekipmanlarında kullanılmamalıdır.

Klorofil ve feofitin gibi pigmentler fotooksidasyonu teşvik eden oldukça aktif bileşiklerdir. Bu yüzden fotooksidasyonun zararlı etkilerini ortadan kaldırmak için, ağartma işlemi ile yağdan uzaklaştırılmaktadırlar. Bu pigmentler, kızartma sıcaklıklarında da prooksidan etki göstermektedirler (Kochhar 2001). Kızartma işlemlerinin en önemli problemlerinden biri olan köpük oluşumu yangına neden olabilir. Köpük oluşumu yağdaki okside trigliserit miktarının artışıyla ilişkilidir. Kızartma yağında orta düzeyde ya da yüksek konsantrasyonda bulunan lesitin ve kısmi gliseritler de köpük oluşumundan sorumludurlar (Rossell 2001).

2.5 Derin Kızartma İşleminin Beslenme Açısından Etkileri

2.5.1 Yağlardaki değişiklikler

Yağlar, nem ve oksijen varlığında kızartma sıcaklığına kadar ısıtıldıklarında oksidatif ve hidrolitik tepkimelere maruz kalmakta ve bu tepkimeler sonucunda da yağların yapılarında uçucu karbonilli bileşikler, kısa zincirli asitler, oksi, keto ve epoksi asitler ile alkoller oluşmaktadır. Bu oluşumlara bağlı olarak da, yağlarda tat ve koku bozulması

ya da dönmesi yanında renk koyulaşması da meydana gelmektedir. Yağların oksijensiz ortamda ısıtılması sonucunda ise, yağın viskozitesini artıran ve ısı transfer katsayısını düşüren halkalı yapıdaki siklik bileşiklerle, yüksek moleküllü polimerizasyon ürünleri oluşmaktadır. Bu ürünler nötr karakterde oldukları için, yağın duyuşal özelliklerini çok fazla etkilememektedirler (Kayahan 2002).

Kızartma sırasında meydana gelen oksidatif tepkimeler, yağda çözünen vitaminlerin, karotenoidlerin, tokoferollerin ve linoleik asit gibi biyolojik aktivitesi yüksek esansiyel yağ asitlerinin tahrip olmasına ve dolayısıyla yağın besin değeriinin düşmesine neden olmaktadır.

2.5.2 Gıdalardaki değışiklikler

Gıdaların kızartılmasındaki en temel amaç, onlara arzu edilen renk, tat ve kokuyu kazandırmaktır. Kızartma sırasındaki renk dönüşümü üzerinde birinci derecede Maillard tepkimesinin etkisi olmakla birlikte, ortamda oluşan uçucu bileşiklerin gıda tarafından emilmesi, tat ve koku da olduğu gibi, renk oluşumu üzerinde de etkili olmaktadır.

Maillard tepkimesi kızartma, fırınlama, kavurma ve kurutma gibi ısı işlemler sonucu gıdalarda ortaya çıkan esmerleşme tepkimelerinden biridir. İndirgen şekerler ve amino asitler arasında gerçekleşen Maillard tepkimesi, gıdalarda arzu edilen kahve rengin ve aromanın oluşumundan sorumlu olduğu gibi (Mottram ve Wedzicha 2002, Stadler vd. 2002, Zyzak vd. 2003), aynı zamanda, nörotoksik ve karsinojenik bir bileşik olan akrilamidin en önemli oluşum yollarından biridir.

Akrilamid, lipit oksidasyonu sonucu oluşan karbonil bileşiklerinin, özellikle asparajin gibi amino asitlerle, Maillard tepkimesi sonucu oluşmaktadır. Derin kızartma sonucu yağda oluşan akrolein de asparajinle tepkimeye girerek akrilamid oluşturmaktadır (Yasahura vd. 2003). Gıdaların besin değeriini ve güvenilirliğini azaltan bu bileşik, 100 °C'un üzerindeki sıcaklıklarda oluşmakta (Becalski vd. 2003) ve sıcaklık arttıkça da oluşan akrilamid miktarı artmaktadır (Kim vd. 2004, Pedreschi vd. 2005).

Yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen kızartma işlemleri sonucunda gıdada oluşan kabuk, ısının gıda içine transferini zorlaştırdığından, içteki tepkimelerin oluşumunu yavaşlatmakta ve dolayısıyla gıdanın besleme değerindeki kaybı da azaltmaktadır.

Kızartma işlemleri sırasında, gıdada bulunan yağda ve suda çözünen vitaminlerde ortaya çıkan kayıplar sonucunda da gıdanın besleyici değeri önemli ölçüde düşmektedir. Yağda yer alan E vitamini, kızartma sonucu gıda yüzeyinde oluşan kabuk tarafından emilmekte ve daha sonraki depolama sürecinde okside olarak kayba uğramaktadır.

2.6 Moleküler Destilasyon

Destilasyon, iki veya daha fazla bileşen içeren bir karışımın ısıtılıp, buhar ve sıvı faz oluşturmak suretiyle, daha uçucu bileşence zengin karışımların elde edilmesini sağlayan ayırma işlemidir. Destilasyonun gerçekleştirilebilmesi için temel şart, denge durumundaki buhar-sıvı sisteminde, buhar fazının sıvı fazdan farklı bileşime sahip olmasıdır. Destilasyon işlemi ile saf olarak elde edilmek istenen madde ayrılabilceği gibi, kaynama noktaları birkaç derece farklı olan karışım halindeki sıvılar da birbirinden ayrılabilir. Destilasyon, iki veya daha fazla bileşen içeren bir karışımın ısıtılıp, buhar ve sıvı faz oluşturmak suretiyle, daha uçucu bileşence zengin karışımların elde edilmesini sağlayan ayırma işlemidir. Destilasyonun gerçekleştirilebilmesi için temel şart, denge durumundaki buhar-sıvı sisteminde, buhar fazının sıvı fazdan farklı bileşime sahip olmasıdır. Destilasyon işlemi ile saf olarak elde edilmek istenen madde ayrılabilceği gibi, kaynama noktaları birkaç derece farklı olan karışım halindeki sıvılar da birbirinden ayrılabilir.

Destilasyon, saflaştırılacak maddenin özelliğine göre farklı şekillerde uygulanmaktadır. Moleküler destilasyon tekniği, vitaminler gibi ısıya duyarlı ve karmaşık moleküllerin ayrılması, saflaştırılması ve konsantre edilmesinde kullanılmaktadır. Bu sistem, düşük basınç ve nispeten düşük sıcaklıklarda çalışmaktadır (Moraes vd. 2006). İşlem sırasında ortam basıncı 0.001 mmHg değerine kadar düşebilmektedir. Bu nedenle moleküler destilasyon, vakum altında damıtma sistemi olarak bilinmektedir. Moleküler destilasyon tekniğinin çok geniş bir uygulama alanı vardır. Lipit kimyasında, monoglisitlerin saflaştırılmasında (Szelag ve Zwierzykowski 1983), palm yağından karotenoidlerin geri kazanımında (Batistella ve Maciel 1998), çoklu doymamış yağ asitlerinin balık yağından ayrılmasında (Breivik vd. 1997), skualenin (Sun vd. 1997) ve tokoferollerin (Batistella vd. 2002) geri kazanımında bu teknikten yararlanılmaktadır.

İnce film destilasyonu ve kısa yollu (short path) destilasyon olmak üzere iki tip moleküler destilasyon sistemi mevcuttur. Bu sistemlerin çalışma prensipleri aynı olmasına rağmen aralarındaki temel fark, yoğunlaştırıcının, kısa yollu evaporatörlerde evaporatörün içinde, ince film evaporatörlerinde ise sistemin dışında yer almasıdır.

2.6.1 İnce film destilasyonu

İnce film destilasyon tekniği ile, işlem basıncı düşürülerek bileşenlerin kaynama noktaları önemli ölçüde azaltılmaktadır. Bu yöntemle, geleneksel vakumda destilasyon işleminde uygulanan yüksek sıcaklık ve uzun alıkonma süresi nedeniyle yapıları bozulan bileşenlerin damıtılmaları mümkün olabilmektedir. İnce film evaporatöründe, hammadde ısıtılmış bir tüp içinde en düşük kaynama noktasına sahip olan bileşen buharlaşmaya kadar ısıtılır. Daha sonra oluşan buharlar, sistemin dışında yer alan yoğunlaştırıcıda bulunan soğuk tüpler üzerinde yoğunlaşarak karışımdan ayrılırlar (www.avta-us.com, 2015). Bu işlemde besleme, bir rotora bağlı sıvayıcı kollar vasıtasıyla ince bir film halinde ısıtıcı yüzeye dağıtılır. Sıvayıcı kolların yarattığı yüksek türbülans sayesinde ısıtıcı yüzey ile hammadde arasındaki ısı transferi hızlanır. Böylece damıtılacak bileşenlerin ısıtıcı yüzey ile çok kısa süre temas etmeleri sağlanmış olur. Bu nedenle ısıya duyarlı bileşenler için oldukça ideal bir sistemdir. İnce film evaporatörü saflaştırma, konsantre etme, destilasyon ile değerli bir ürünün geri kazanımı gibi işlemlerde kullanılabilmektedir (www.ips-gigk.com, 2015).

2.6.2 Kısa yollu (short path) destilasyon

Kısa yollu destilasyon, 1-0.001 mbar arasında değişen basınçlarda çalışabilen bir termal ayırma tekniğidir. Isıya duyarlı ve kaynama noktası yüksek olan ürünlerin damıtılması için kullanılan ideal bir yöntemdir. Bir kısa yollu evaporatör, silindirik bir gövde içinde yer alan ısıtıcı, rotor ve yoğunlaştırıcıdan ibarettir (Şekil 2.4). Ayrıca sistemde rotor üzerine monte edilmiş hareketli sıvayıcı kollar da mevcuttur. Besleme, bu sıvayıcı kollar sayesinde evaporatör iç yüzeyine sıvanarak, yer çekimi kuvvetinin de etkisiyle, film halinde aşağı doğru hareket ederken, kaynama noktalarına ulaşan bileşenler

buharlaşırlar. Oluşan buharlar pratikte herhangi bir basınç düşüşüne neden olmadan en kısa yoldan evaporatör içindeki yoğunlaştırıcıya ulaşarak yoğunlaşırlar. Bu şekilde yoğunlaşan uçucu bileşenler ile uçucu olmayan bileşenler evaporatörü farklı yerlerden terk ederler. Bunların dışında sistemde bulunan diğer kalıntı buharlar ve inert gazlar ise vakum sistemi yardımıyla sistemden uzaklaştırılırlar (www.sms-vt.com, 2015).



Şekil 2.4 Kısa yollu (short path) evaporatör (1:Isıtıcı, 2:Yoğunlaştırıcı, 3:Sıvayıcı kollar)

Kısa yollu destilasyonda, damıtılacak bileşen buharlarının akışını sağlayan itici güç, evaporatör ile yoğunlaştırıcı arasındaki basınç farkıdır. Bu buhar akışının neden olduğu basınç düşüşünü en aza indirmek ve 1 mbar'ın altındaki basınçlarda çalışabilmek için evaporatör ve yoğunlaştırıcı arasındaki mesafe mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Bu özelliğinden ötürü kısa yollu evaporatörler 0.001 mbar'ın altındaki basınçlarda dahi çalışmaya elverişlidirler.

Kısa yollu destilasyon tekniği, geniş kullanım alanına sahip olması nedeniyle çok sayıda çalışmada yer almıştır. Martins vd. (2006) soya yağı deodorizasyon destilatından, kısa yollu destilasyon yöntemiyle serbest yağ asitlerinin uzaklaştırılmasına yönelik bir araştırma yapmışlardır. 10^{-6} bar basınç uygulanan bu sistemde, 100 ile 180 °C arasında değişen sıcaklıklar ve 1.5-23 g/dk arasında değişen besleme hızları denenmiştir. Buna göre, %57.8 serbest asitlik ve %8.97 tokoferol içeren hammaddeden, %6.4 serbest asit ve %18.3 tokoferol içeren bir materyal elde etmek 160 °C sıcaklık ve 10.4 g/dk besleme hızı ile gerçekleştirilecek bir destilasyon işlemi ile mümkündür. Bu çalışmada, ham materyalden uzaklaştırılan serbest asit oranı %96.16 olarak hesaplanmış iken, geri kazanılan tokoferol oranı ise %81.23 olarak belirlenmiştir.

Pietsch ve Jaeger (2007) kısa yollu destilasyon sistemini kullanarak köpek balığı karaciğer yağında bulunan skualeni geri kazanmaya çalışmışlardır. Bu amaçla, 5 farklı sıcaklık (185, 190, 200, 215 ve 230 °C), 3 farklı basınç (0.01, 0.02 ve 0.1 mbar) ve 2 farklı besleme hızında (4 ve 7 kg/saat) çalışmışlardır. Buna göre, en yüksek skualen veriminin (%93) elde edildiği destilasyon koşulları, 4 kg/saat besleme hızı, 0.1 mbar basınç ve 230 °C sıcaklık olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmayla, besleme hızı ve basınç sabit tutulduğunda, sıcaklık artışının elde edilen destilat ve skualen verimini artırdığı da belirlenmiştir. Bir başka çalışmada ise, tereyağında bulunan digliseritler kısa yollu destilasyon tekniği kullanılarak geri kazanılmıştır. Bu çalışmada, öncelikle tereyağı kimyasal gliserolizise uğratılmış ve bunun sonucunda mono, di ve trigliseritlerden oluşan bir karışım elde edilmiştir. Bu karışımdan, önce monogliseritler uzaklaştırılmıştır. Bunun için, 0.001 mbar'ın altında bir basınçta ve 150 °C'da art arda üç destilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 150 °C'da yapılan bu destilasyon işlemlerinin ardından, di ve trigliseritlerce zengin bir atık elde edilmiştir. Bundan sonra daha yüksek sıcaklıklarda (180-210°C) yapılan destilasyon denemeleri ile digliseritler trigliseritlerden ayrılmıştır. Buradan sıcaklık arttıkça destilattaki mono ve trigliserit miktarının azaldığı, digliserit içeriğinin ise arttığı belirlenmiştir. Buna göre, 210 °C'da yapılan destilasyon sonucunda elde edilen destilatın digliserit içeriğinin %80'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, digliseritlerin yaklaşık %77'sinin geri kazanıldığı belirtilmiştir (Yang vd. 2004).

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Materyal olarak, bir marketten satın alınan, 7x7 cm boyutlarında, ön kızartma işlemi uygulanmış patatesler (SuperFresh Kerevitaş Gıda San. ve Tic. A.Ş.) kullanılmıştır. Rafine ve ağartılmış pirina yağları ise Bilginoğlu Marbil Yağ San. ve Tic. A.Ş.'den (İzmir, Türkiye) temin edilmiştir.

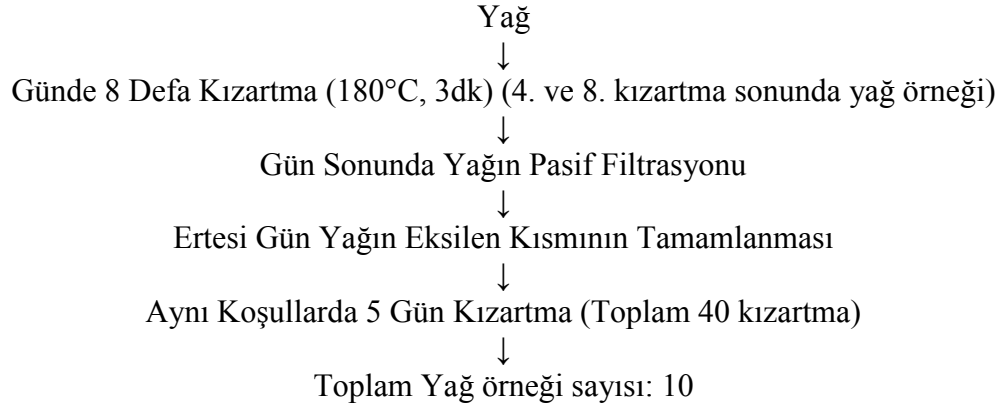
Analizler sırasında kullanılan çözücü ve standartlardan etanol, sodyum hidroksit, glasiyel asetik asit, kloroform, nişasta, hekzan, izooktan, diklorometan, potasyum hidroksit, dietil eter, silika jel (ince tabaka kromatografisi için), β -sitosterol, piridin, tetrahidrofuran (THF), silika jel (0.063-0.200 mm), etil asetat, formik asit, oleik asit Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından satın alınmıştır. 5α -kolestan- 3β -ol, p-anisidin, izopropil alkol, potasyum iyodür, sodyum tiyosülfat penta hidrat, metanol, lauril araşıdat Sigma-Aldrich'den (St. Louis, MO, ABD) temin edilmiştir. BSTFA+TMCS (bistrimetilsilil trifluor asetamid + %1 trimetil klorosilan) Supelco (Bellefonte, PA, ABD) firmasından, hidroklorik asit ve heptan Riedel-de Haën (Seelze, Almanya) firmasından sağlanmıştır. Skualen ise Ekiz Yağ ve Sabun Sanayi A.Ş.'den (İzmir, Türkiye) temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Kızartma işlemi

Kızartma işlemi, Öztiryakiler (Ankara, Türkiye) marka 10L (5+5) kapasiteli çiftli fritöz kullanılarak 180 °C'da farklı yağ örnekleri ile gerçekleştirilmiştir. Kızartmada 3.75 L yağ ve her kızartmada 200 g patates kullanılmıştır. Saat başına 3 dk olmak üzere günde 8 defa kızartma yapılmış ve kızartma işlemleri 5 gün boyunca sürdürülmüştür. Gün içinde dördüncü kızartmadan sonra ve gün sonunda sekizinci kızartmadan sonra 100 mL

yağ örnekleri alınmıştır. Örnekler pasif filtrasyon işleminden sonra, analiz edilinceye kadar -18 °C’da depolanmıştır. Patates/yağ oranı, dolayısıyla kızartma dinamiği etkileneceği için sonraki gün kızartmalarından önce yağ, aynı özelliklere sahip yağ ile, başlangıç seviyesine (3.75 L) tamamlanmıştır. Uygulanan işlem aşağıdaki şekilde şematize edilmiştir.



Şekil 3.1 Kızartma işlemi akım şeması

3.2.2 Destilasyon

Minör bileşenlerin (serbest yağ asitleri (SYA), skualen, mono ve digliseritler (MDG), steroller) pirina yağının kızartma stabilitesi üzerine etkilerini belirlemek üzere, şekil 3.2’de verilen kısa yollu (short-path) moleküler destilasyon sistemi (KDL 5, UIC, Almanya) kullanılarak, ağartılmış ve rafine pirina yağları belirli oranlarda minör bileşenlerinden arındırılmıştır. Bu amaçla, çizelge 3.1’de detayları verilen destilasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2 Araştırmada kullanılan laboratuvar ölçekli kısa yollu (short path) destilasyon sistemi

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1: Besleme ünitesi | 6: Vakum pompası |
| 2: Evaporatör | 7: Difüzyon pompası |
| 3: Soğuk tuzak | 8: Distilat |
| 4: Vakum göstergesi | 9: Atık |
| 5: Isıtıcı yağ tankı | |

Çizelge 3.1 Destilasyon çalışmalarında kullanılan işlem parametreleri

İşlem parametreleri	Damıtma seti 1	Damıtma seti 2	Damıtma seti 3
Basınç, mbar	0.5	0.02	0.02
Sıcaklık, °C	160	200	230
Karıştırıcı hızı, rpm	240	240	240
Besleme hızı, mL/dk	3	3	3

3.2.3 Kızartmada kullanılacak yağ fraksiyonlarının hazırlanması

Farklı minör bileşime sahip yağlar elde edebilmek için, ağartılmış ve rafine pirina yağları karıştırma hızı (240 rpm) ve besleme hızı (3 mL/dk) sabit tutulmak kaydıyla, 2 farklı basınç (0.5 ve 0.02 mbar) ve 3 farklı sıcaklıkta (160, 200 ve 230 °C) destile edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan ilk 4 fraksiyon aşağıda verilmiştir.

1. Fraksiyon (SYA içeriği düşük (<0.3), skualen, MDG ve sterol içeriği yüksek yağ): Bu amaçla herhangi bir damıtma işlemi yapılmamış, ağartılmış pirina yağı doğrudan kullanılmıştır. Çünkü ağartılmış pirina yağının serbest asit oranı %0.1 olarak belirlenmiştir.

2. Fraksiyon (SYA ve skualen düzeyi azaltılmış, MDG ve sterol içeriği yüksek yağ): Bu amaçla ağartılmış pirina yağı 160 °C’da, 0.5 mbar basınç altında destile edilmiştir.

3. Fraksiyon (SYA, skualen ve MDG içeriği düşük yağ): Bu amaçla ağartılmış pirina yağı 200 °C’da ve 0.02 mbar basınç altında destile edilmiştir.

4. Fraksiyon (SYA, skualen, MDG ve steroller en düşük düzeyde içeren yağ): Bu amaçla da rafine pirina yağı 230 °C’da ve 0.02 mbar basınçta damıtılmıştır.

Elde edilen bu fraksiyonlar kızartma işleminde kullanılarak rafinasyon koşullarının kızartma stabilitesine etkisi belirlenmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki aşamasında, bu yağlardan minör bileşen içeriği en düşük olan fraksiyona (4. fraksiyon), SYA ve damıtılarak yağdan ayrılan diğer bileşenler, sırasıyla, dışarıdan ilave edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan 5., 6. ve 7. fraksiyona ait damıtma koşulları da aşağıda verilmiştir.

5. Fraksiyon: SYA'nın kızartma stabilitesine etkisini görebilmek için, 4. fraksiyona %1 oranında oleik asit ilavesiyle hazırlanmıştır.

6. Fraksiyon: Skualenin pirinanın kızartma stabilitesine etkisini görmek için, 4. fraksiyona yaklaşık 10000 mg/kg skualen ilave edilerek hazırlanmıştır.

7. Fraksiyon: MDG'nin stabiliteye etkisini görebilmek için, toplam MDG içeriği başlangıç konsantrasyonunun yaklaşık 2 katı olacak şekilde, 4. fraksiyona %89 saflıkta MDG karışımı ilave edilerek hazırlanmıştır. MDG karışımı, Nouredдини vd. (2004) tarafından verilen yöntemle göre laboratuvarında üretilmiştir.

Elde edilen tüm fraksiyonlar kızartma işlemlerinde kullanılmış ve minör bileşenlerin pirina yağının kızartma stabilitesine etkisi belirlenmiştir.

3.3 Analiz Yöntemleri

3.3.1 Skualen miktarının belirlenmesi

Skualen miktarları, AOCS Official Method Ch 8-02'ye göre belirlenmiştir (Anonymous 1989a). Analiz sırasında gaz kromatografî cihazının çalışma koşulları aşağıda belirtildiği gibidir:

Gaz kromatografî cihazı	: Shimadzu GC-2010 (Japonya)
Dedektör	: Alev İyonlaştırmalı Dedektör (FID)
Kolon	: HP-5 Fused Silica Kapiler Kolon (12 m, 0.32mm iç çap, 0.25µm film kalınlığı)(J&W Scientific, ABD)
Taşıyıcı gaz	: Helyum
Akış hızı	: 1.80 mL/dk
Split oranı	: Bölünmesiz
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	: 300 °C

Dedektör sıcaklığı : 350 °C

Kolon sıcaklık programı:

Başlangıç 80 °C (1 dk) $\xrightarrow{20\text{ °C/dk}}$ 240 °C $\xrightarrow{5\text{ °C/dk}}$ 325 °C (6 dk) $\xrightarrow{20\text{ °C/dk}}$ 340 °C (10 dk)

3.3.2 Mono ve digliserit tayini

MDG analizi, AOCS Official Method Cd 11d-96'ya göre, Shimadzu marka HPLC (Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Anonymous 1989b). HPLC sisteminin özellikleri aşağıda verilmiştir.

Sistem kontrolör : CBM-20A
Gradient pompa : LC-20AD
Kolon fırını : CTO-20A
Degazör : DGU-20A5

MDG'nin tespitinde kullanılan çalışma koşulları şu şekildedir:

Kolon : Lichrosorb Si60-5 (250 mm, 4.6 mm iç çap, 5µm partikül büyüklüğü) (Hichrom, Reading, İngiltere)
Dedektör : Buharlaştırıcı ışık sapıtma dedektörü (Sedere LT-ELSD, SEDEX 80, Fransa)
Kolon sıcaklığı : 40 °C
Mobil faz : Hekzan (A), Hekzan/2-propanol/etil asetat/%10 formik asit (80:10:10:1, v/v/v/v) (B)
Akış hızı : 2 mL/dk

Gradient Programı:

Zaman (dk)	Akış (mL/dk)	A (%)	B (%)
0	2	98	2
13.4	2	65	35
14.2	2	2	98
25	2	2	98
25.2	2	98	2
32	2	98	2

3.3.3 Sterol bileşiminin belirlenmesi

Yağ örneklerinin sterol bileşiminin belirlenmesinde Anonymous (2001)'de belirtilen yöntemden yararlanılmıştır. Yağlara öncelikle sabunlaştırma işlemi uygulanmış, daha sonra sabunlaşmayan maddeler dietil eter ile ekstrakte edilmiştir. İnce tabaka kromatografisi tekniğinden yararlanılarak steroller ayrılmış ve BSTFA kullanılarak türevlendirilmiştir. Trimetilsilillenen örnekler aşağıda çalışma koşulları verilen gaz kromatografisi cihazına enjekte edilmiş ve sonuçlar hem % hem de mg/kg olarak verilmiştir. Analizde internal standart olarak 5 α -cholestan-3 β -ol kullanılmıştır. Aynı analizle eritrodiol ve uvaolun toplam steroller içindeki oranı da belirlenmiş ve sonuçlar % olarak verilmiştir.

Gaz kromatografisi cihazı	: Shimadzu GC-2010 (Japonya)
Dedektör	: Alev İyonlaştırmalı Dedektör (FID)
Kolon	: HP-5 Fused Silica Kapiler Kolon (30 m, 0.32 mm iç çap, 0.25 μ m film kalınlığı) (J&W Scientific, ABD)
Taşıyıcı gaz	: Helyum
Akış hızı	: 0.8 mL/dk
Split oranı	: 1:50
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	: 280 °C
Kolon sıcaklığı	: 260 °C
Dedektör sıcaklığı	: 290 °C

3.3.4 Tokoferol bileşiminin belirlenmesi

Tokoferol bileşimi, AOCS Official Method Ce 8-89'a göre, aşağıda sistem özellikleri verilen Shimadzu marka HPLC'de (Japonya) belirlenmiştir (Anonymous 1989c).

Sistem kontrolör	: CBM-20A
Gradient pompa	: LC-20AD
Kolon fırını	: CTO-20A
Degazör	: DGU-20A5

Tokoferol bileşiminin tespitinde kullanılan çalışma koşulları aşağıda verilmiştir:

Kolon	: Lichrosorb Si60-5 (250 mm, 4.6 mm iç çap, 5µm partikül büyüklüğü) (Hichrom, Reading, İngiltere)
Dedektör	: Diyot dizini dedektör (DAD, SPD-M20A, Japonya)
Kolon sıcaklığı	: 25 °C
Mobil faz	: n-hekzan (%99), izopropanol (%1)
Akış hızı	: 1 mL/dk

3.3.5 Toplam polar madde tayini

Kızartma sırasında toplam polar madde miktarı, Ebro FOM 310 (Ingolstadt, Almanya) marka polar madde tayin cihazı ile ölçülmüştür.

3.3.6 Polimer trigliserit tayini

Polimer trigliserit analizi, AOCS Official Method Cd 22-91'e göre gerçekleştirilmiştir (Anonymous 1989d). Bu analizde, 0.2 g örnek 15 mL THF ile çözüldükten sonra, aşağıda sistem özellikleri verilen Shimadzu marka HPLC'ye (Japonya) enjekte edilmiştir.

Sistem kontrolör : CBM-20A
Gradient pompa : LC-20AD
Kolon fırını : CTO-20A
Degazör : DGU-20A5

Polimer trigliserit analizi için çalışma koşulları aşağıdaki gibidir:

Kolonlar : Phenogel (50×7.8 mm, 5µm partikül büyüklüğü, Phenomenex, Torrance, CA)
Phenogel (300×7.8 mm, 5µm partikül büyüklüğü, 100 Å por büyüklüğü, Phenomenex, Torrance, CA)
Phenogel (300×7.8 mm, 5µm partikül büyüklüğü, 500 Å por büyüklüğü, Phenomenex, Torrance, CA)
Dedektör : Buharlaştırıcı ışık saptırma dedektörü (Sedere LT-ELSD, SEDEX 80, Fransa)
Mobil faz : THF
Akış hızı : 1.0 mL/dk

3.3.7 Viskozite ölçümü

Yağların viskoziteleri, reometre (TA.AR 2000 EX, İngiltere) kullanılarak 20 °C’da, 10 1/s kayma hızında ölçülmüş ve sonuçlar mPa.s cinsinden verilmiştir.

3.3.8 Yağlarda renk tayini

Yağların renk indeksi değerleri, AOCS Official Method Cc 13c-50’ye göre, Hitachi U-2800 marka spektrofotometre (Tokyo, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Anonymous 1989e).

3.3.9 Serbest asitlik tayini

Serbest yağ asitliği, AOCS Official Method Ca 5a-40'a göre yapılmış ve sonuçlar oleik asit cinsinden verilmiştir (Anonymous 1989f).

3.3.10 Peroksit değeri tayini

Yağ örneklerinin peroksit değerleri, AOCS Official Method Cd 8-53 metodu kullanılarak belirlenmiştir (Anonymous 1989g).

3.3.11 Özgöl soğurma değerlerinin belirlenmesi

Özgöl soğurma değerleri, AOCS Official Method Ch 5-91 metoduna göre belirlenmiştir (Anonymous 1989h).

3.3.12 p-Anisidin değerinin belirlenmesi

Yağların p-anisidin değerleri, AOCS Official Method Cd 18-90'a göre belirlenmiştir (Anonymous 1989i). Önce, 0.5-4 g örnek izooktanla çözüldükten sonra 25 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra hazırlanan bu çözeltinin absorbansı, Hitachi U-2800 marka spektrofotometre (Tokyo, Japonya) kullanılarak 350 nm dalga boyunda, izooktana karşı ölçülmüştür. Bunu takiben bir tüpe, hazırlanan çözeltiden tam 5 mL alınmış, üzerine 1 mL p-anisidin çözeltisi (0.25 g p-anisidin/100 mL glasiyel asetik asit) ilave edilmiş, bir başka tüpe de tam 5 mL izooktan alınmış ve yine üzerine 1 mL p-anisidin çözeltisi ilave edilmiştir. 10 dk beklendikten sonra 350 nm'de, ikinci tüpteki çözelti referans alınarak, 2. okuma yapılmıştır. p-Anisidin değeri aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır.

$$p - A.D. = \frac{25 \times (1.2A_s - A_b)}{m}$$

As: p-anisidinle tepkime sonrası okunan absorbands

Ab: Yağ çözeltisinin absorbandsı

m: Yağ ağırlığı (g)

3.3.13 Dumanlanma noktası tayini

Yağ örneklerinin dumanlanma noktaları, AOCS Official Method Cc 9a-48'e göre belirlenmiştir (Anonymous 1989j).

3.3.14 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Yağ asitleri metil esterlerinin hazırlanmasında Anonymous (1990)'da belirtilen metot kullanılmış ve yağ asidi dağılımları aşağıda çalışma koşulları verilen gaz kromatografi cihazında belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar % metil esteri olarak verilmiştir.

Gaz kromatografi cihazı	: Shimadzu GC-2010 (Japonya)
Dedektör	: Alev İyonlaştırmalı Dedektör (FID)
Kolon	: DB-23 Kapiler kolon (30 m, 0.25 mm ve 0.25 µm film kalınlığı) (J&W Scientific, ABD)
Taşıyıcı gaz	: Helyum
Akış hızı	: 0.5 mL/dk
Split oranı	: 1:80
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	: 230 °C
Kolon sıcaklığı	: 190 °C
Dedektör sıcaklığı	: 240 °C

3.3.15 İyot sayısının belirlenmesi

Yağ örneklerinin iyot sayıları, AOCS Official Method Cd 1c-85'deki formüle göre, gaz kromatografisinde belirlenen yağ asidi dağılımlarından hesaplanmıştır (Anonymous 1989k).

3.3.16 Patateslerde nem tayini

Patateslerin toplam nem içeriği etüvde kurutma yöntemine göre belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

3.3.17 Patateslerde yağ tayini

Patateslerin toplam yağ içeriği Soxhlet yöntemine göre belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

3.3.18 Patateslerde renk tayini

Patates örneklerine ait fotoğraflar ImageJ (1.43u, National Institutes of Health, ABD) programında değerlendirilmiş ve elde edilen renk histogramlarından belirlenen RGB değerleri, OpenRGB (Version 2.10.91215, Logicol S.r.l., İtalya) programında L*, a*, b* değerlerine dönüştürülmüştür.

3.3.19 Patateslerde tekstür analizi

Patateslerin tekstür ölçümü için doku analizi cihazı (TA.XTplus, İngiltere), çok noktalı tekstür ölçüm probu ile birlikte kullanılmıştır. Çok noktalı tekstür ölçüm probu, parmak patates dilimlerindeki penetrasyon direncini ölçmek üzere tasarlanmıştır. Bu proba yapılan ölçümlerden elde edilen F1 kuvveti patatesin üst kabuğunu, F2 kuvveti ise alt

kabuğunu delmek için gerekli olan kuvveti göstermektedir. Patatesler çok noktalı tekstür ölçüm probunun platformuna yerleştirildikten sonra, probun 2 mm/s test hızında, patateslere penetre olmasıyla ölçüm gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan diğer parametrelerden, yükleme hücresi 30 kg, test öncesi hız 1 mm/s, test sonrası hız ise 10 mm/s olarak seçilmiştir.

3.3.20 İstatistik analiz

Çalışma, tesadüf blokları faktöriyel deneme düzeninde kurulmuş ve 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. ANOVA (Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Deneme) testi kullanılarak grup ortalamaları arasındaki fark belirlenmiş, bu farklılığın önem derecesi ($\alpha=0.05$) ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile incelenmiştir (Duncan 1955). Elde edilen sonuçlar, MİNİTAB 15 ve MSTAT istatistik paket programlarında değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Destilasyon Denemeleri

İlk denemede literatür verilerinden yola çıkılarak, ağartılmış pirina yağı 0.02 mbar basınçta, 80 rpm karıştırıcı hızında, 160, 170 ve 180 °C sıcaklıklarda ve 3 mL/dk besleme hızında destile edilerek, destilasyon koşullarının pirina yağının yağ asitleri dağılımı ve SYA içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Ancak bu denemede kullanılacak ağartılmış pirina yağının serbest asit miktarı düşük olduğundan (%0.2), destilasyonun serbest asit içeriğine etkisinin daha sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi amacıyla yağa %10 oranında oleik asit ilave edilmiştir. Bu denemeden elde edilen sonuçlar çizelge 4.1’de verilmiştir. Buna göre pirina yağının yağ asitleri bileşiminde herhangi bir değişim veya izomer dönüşümü gözlenmemiştir. SYA içeriğinde ise, 160 °C, 0.02 mbar’da yaklaşık %11’lik bir azalma gözlenirken, 170 °C’da bu azalma %33 düzeyinde gerçekleşmiştir. Sıcaklık artırılmasına rağmen, 180 °C’da gerçekleştirilen destilasyon işlemi sonucunda, söz konusu azalma düşmüştür. Bunun nedeninin, sıcaklık artışı ile yağın viskozitesinin daha da azalması ve buharlaşma ünitesinden daha hızlı bir şekilde geçmesi olduğu düşünülmektedir.

Bu durumun önüne geçebilmek için, damıtma bölmesinde yer alan dağıtıcı hızının artırılması ile yağ film kalınlığının azaltılarak, bir taraftan ısı transferinin hızlanması, diğer taraftan da yağın kolonda kalış süresinin artırılmasına yönelik çalışmalar da yapılmıştır. Bu amaçla dört farklı karıştırıcı hızında (80, 160, 200 ve 240 rpm), 0.02 mbar basınçta, 170 °C sıcaklıkta ve 3 mL/dk besleme hızında dört deneme yapılmıştır. Bu denemeye ait bulgular ise çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2’ye göre, SYA içeriğinde, 80 rpm’de yaklaşık %33, 160 rpm’de %47, 200 rpm’de %63 ve 240 rpm’de ise %87 oranında bir azalma söz konusudur. Bu durum, karıştırıcı hızındaki artışın moleküllerin buharlaşma gizli ısılarını alabilmeleri için yeterli süre kolonda kalmalarını sağladığı şeklinde açıklanabilir.

Çizelge 4.1 Farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen destilasyon işlemlerinin pirina yağının yağ asidi bileşimi ve SYA içeriği üzerine etkisi

Yağ Asidi (%)	Başlangıç	160 °C	170 °C	180 °C
14:0	0.02	0.01	0.02	0.02
15:0	0.00	0.00	0.00	0.00
15:1	0.01	0.01	0.01	0.01
16:0	11.72	11.71	11.82	11.76
16:1	1.32	1.32	1.26	1.25
17:0	0.07	0.06	0.07	0.07
17:1	0.13	0.12	0.12	0.13
18:0	2.08	2.02	2.07	2.09
18:1	67.53	67.80	67.93	68.05
18:2	15.04	14.92	14.67	14.63
18:3t	0.37	0.36	0.33	0.31
18:3	0.71	0.77	0.77	0.75
20:0	0.25	0.24	0.24	0.25
20:1	0.21	0.20	0.23	0.24
22:0	0.12	0.10	0.11	0.10
SYA (%)	10.13	9.05	6.76	7.82

Çizelge 4.2 Farklı karıştırıcı hızlarında yapılan destilasyon işlemlerinin pirina yağının SYA içeriğine etkisi

Karıştırıcı hızı (rpm)	SYA (%)
Başlangıç	10.13
80	6.76
160	5.38
200	3.74
240	1.37

Bundan sonra, besleme hızı 3 mL/dk ve karıştırıcı hızı 240 rpm olarak sabit tutulmak kaydıyla, farklı basınç ve sıcaklık kombinasyonları kullanılarak yapılan destilasyon denemeleriyle pirina yağının temel minör bileşenleri için destilasyon koşulları belirlenmiştir. Bu amaçla ağartılmış pirina yağı 3 farklı basınç (0.02, 0.1 ve 0.5 mbar) ve 10 farklı sıcaklıkta (160-250 °C) destile edilmiştir. Bu destilasyon koşullarına göre hazırlanan damıtma setlerine ait işlem parametreleri çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Destilasyon çalışmalarında kullanılan işlem parametreleri

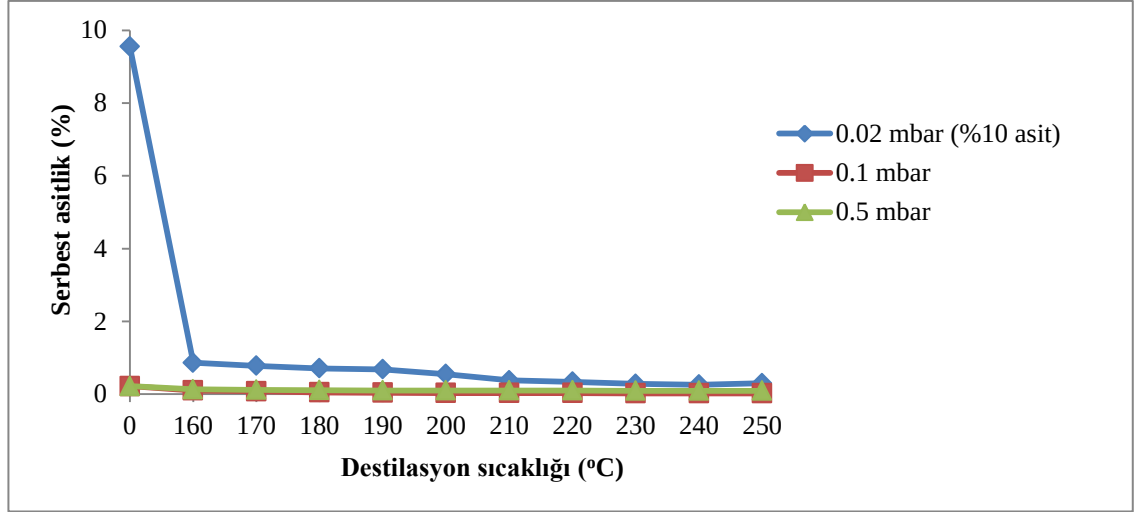
İşlem parametreleri	Damıtma seti 1	Damıtma Seti 2 (%10 asitli)	Damıtma seti 3	Damıtma seti 4
Basınç, mbar	0.02	0.02	0.1	0.5
Sıcaklık, °C	160 → 250	160 → 250	160 → 250	160 → 250
Karıştırıcı hızı, rpm	240	240	240	240
Besleme hızı, mL/dk	3	3	3	3
Kondenser sıcaklığı, °C	25	25	25	25
Damıtılan miktar, mL	100	100	100	100

4.1.1 Serbest yağ asitlerinin destilasyonu

Ağartılmış pirina yağının serbest asitlerinden arındırılması amacıyla farklı sıcaklık ve basınçlarda destilasyon çalışmaları yapılmış ve destilasyon sonrası elde edilen yağların SYA içerikleri çizelge 4.4’te, SYA içeriklerindeki değişim ise şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağlara ait SYA içerikleri (%)

Örnek	SYA içeriği		
	0.02 mbar (%10 asit)	0.1 mbar	0.5 mbar
Ağartılmış pirina	9.55	0.22	0.22
160 °C	0.86	0.10	0.13
170 °C	0.78	0.08	0.12
180 °C	0.71	0.05	0.11
190 °C	0.68	0.04	0.10
200 °C	0.55	0.03	0.10
210 °C	0.38	0.03	0.10
220 °C	0.34	0.03	0.10
230 °C	0.28	0.02	0.09
240 °C	0.26	0.02	0.09
250 °C	0.30	0.02	0.09



Şekil 4.1 Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağların SYA içeriklerindeki değişim

Sonuçlar incelendiğinde tüm basınçlarda sıcaklık arttıkça serbest asitlerin azaldığı görülmektedir. Asitliği yüksek yağ ile yapılan denemelerde ise, 0.02 mbar basınçta, 160 °C'da bile serbest asitlerin önemli bir kısmının uzaklaştırıldığı gözlenmiş ve serbest asitlik %9.55'ten %0.86'ya düşürülmüştür. Düşük basınç ve yüksek sıcaklıkta daha fazla oranda serbest asit yağdan uzaklaştırılmıştır. Örneğin 250 °C sıcaklık ve 0.02 mbar basınçta başlangıçtaki asitlerin yaklaşık %97'si yağdan uzaklaştırılmışken, bu oran aynı sıcaklık fakat 0.5 mbar'da %59'dur. Aynı şekilde 0.02 mbar basınçta 160 °C'da serbest asitlerin yaklaşık %91'i yağdan uzaklaştırılmışken, 250 °C'da %97'si destile edilebilmiştir. 0.02 mbar basınçta %10 asitli ağartılmış pirina yağı kullanılarak gerçekleştirilen destilasyon denemeleri sadece serbest asitlerin destilasyon koşullarını belirlemeye yönelik hazırlanmıştır. Çünkü 0.02 mbar gibi düşük bir basınçta başlangıç serbest asit miktarı zaten düşük olan ağartılmış pirina kullanılarak yapılan denemedeki değişimleri belirlemek oldukça güç olacağı için, bu değişimleri açık bir şekilde görebileceğimiz %10 asitli ağartılmış pirinaya ait deneme sonuçlarını kullanmanın daha sağlıklı olacağına karar verilmiştir.

Bu denemelerde serbest asitlerle ilgili destilasyon koşullarını belirlememize rağmen, ağartılmış pirinanın serbest asit içeriğinin düşük olması nedeniyle, kızartma

işlemlerinde bu yağın destile edilmeden doğrudan kullanımına karar verilmiştir (1. fraksiyon).

Serbest yağ asitlerinin kısa yollu destilasyon tekniği kullanılarak damıtma koşullarının belirlenmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Martins vd. (2006), kısa yollu destilasyon sistemini kullanarak, 10^{-6} bar basınç, 10.4 g/dk besleme hızı ve 160 °C sıcaklıkta, %57.8 serbest asit ve %8.97 tokoferol içeren ham maddeden, %6.4 serbest asit ve %18.3 tokoferol içeren bir ürün elde etmişlerdir. Bu koşullarda serbest asitlerin %96.16'sı uzaklaştırılmış, tokoferollerin ise %81.23'ü korunmuştur. Bir başka çalışmada, moleküler destilasyon sistemi üzüm çekirdeği yağının fiziksel rafinasyonunda kullanılmıştır. Bu sistemde, 1.25 Pa basınç altında, 0.5-1.5 mL/dk arasında değişen besleme hızları ve 200°C ile 220°C arasında değişen sıcaklıklar denenmiştir. Buna göre, çalışılan tüm besleme hızlarında serbest asit içeriğinin %0.1'in altına düşürülmesi için yüksek buharlaşma sıcaklıklarına gerek duyulmaktadır. Bu çalışmada, tokoferollerin en az, serbest asitlerin de en fazla kayba uğradığı ideal destilasyon koşulları, 1.5 mL/dk besleme hızı ve 220 °C buharlaşma sıcaklığı olarak seçilmiştir (Martinello vd. 2007).

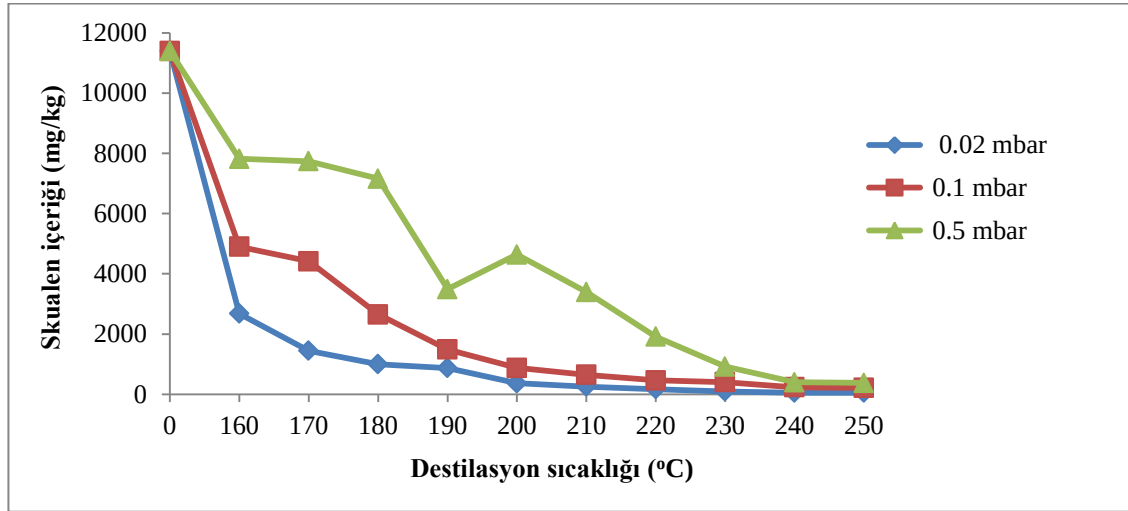
Serbest asitlerin uzaklaştırılması ve tokoferollerin saflaştırılmasında, farklı kombinasyonlarda çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemler de kullanılmaktadır. Ramamurthi ve McCurdy (1993) deodorizasyon destilatını lipazla esterifiye ederek yağ asitlerini metil esterlere dönüştürmüş ve daha sonra vakum destilasyonu uygulayarak yağ asitlerini uzaklaştırmış ve tokoferollerini konsantre etmişlerdir. Jiang vd. (2006) ise, önce asitle katalizlenmiş metil esterifikasyon, kristalizasyon ve sonrasında moleküler destilasyon yöntemini kullanarak kanola yağı deodorizasyon destilatından yağ asidi metil esterleri ve tokoferollerini ayırmışlardır.

4.1.2 Skualenin destilasyonu

Ağartılmış pirina yağının skualenden arındırılması amacıyla farklı basınç ve sıcaklıklarda destilasyon çalışması yapılmış ve elde edilen yağların skualen içerikleri

belirlenmiştir. Denemeye ait sonuçlar şekil 4.2 ve çizelge 4.5'te verilmiştir. Skualen; 0.02 mbar basınçta 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240 ve 250 °C'da gerçekleştirilen destilasyonlarda sırasıyla %77, %87, %91, %92, %97, %98, %98, %99, %99, %99 oranında; 0.1 mbar basınçta aynı sıcaklıklarda sırasıyla %57, %61, %77, %87, %92, %94, %96, %96, %98, %98 oranında; 0.5 mbar basınçta ise %31, %32, %37, %69, %59, %70, %83, %92, %96, %97 oranında yağdan uzaklaştırılmıştır.

Yağdaki skualen düzeyinin azaltılması için gerekli olan sıcaklık ve basıncın 160 °C ve 0.5 mbar olarak seçilmesine karar verilmiştir. Yağdan daha fazla oranlarda skualenin uzaklaştırıldığı destilasyon koşulları belirlenmiş olmasına rağmen bu koşulun seçilmesindeki amaç, serbest asit ve skualenin düşük, diğer minör bileşenlerin ise yüksek oranlarda bulunduğu bir yağ (2. fraksiyon) elde edebilmektir.



Şekil 4.2 Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağların skualen içeriklerindeki değişim

Çizelge 4.5 Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağlara ait skualen içerikleri (mg/kg)

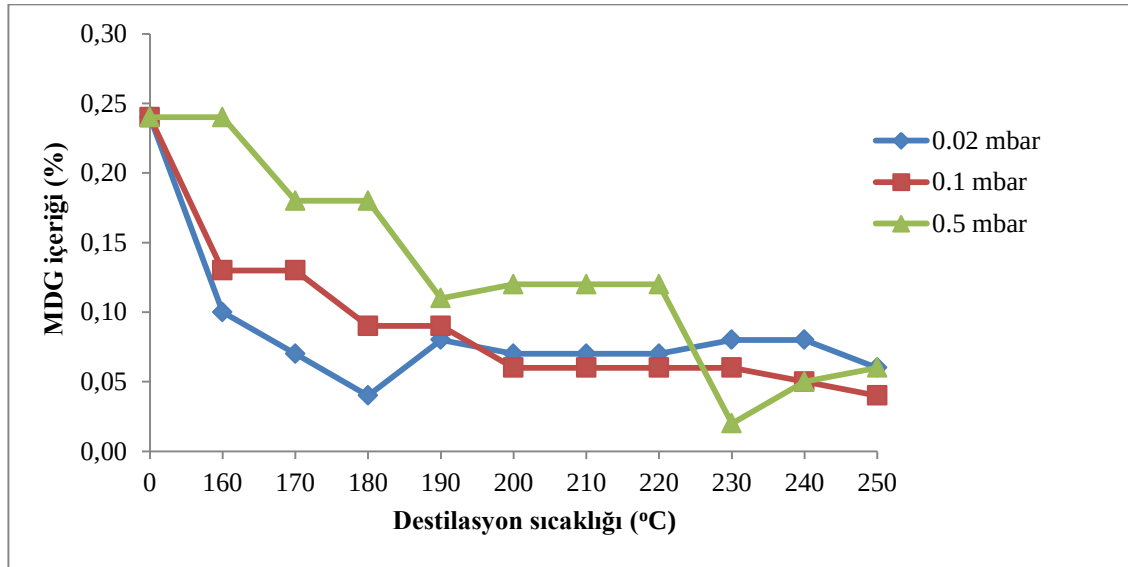
Örnek	Skualen içeriği		
	0.02 mbar	0.1 mbar	0.5 mbar
Ağartılmış pirina	11400.80	11400.80	11400.80
160 °C	2676.05	4901.64	7815.80
170 °C	1447.56	4415.47	7736.26
180 °C	998.00	2649.84	7159.77
190 °C	871.73	1489.76	3492.41
200 °C	365.95	878.78	4640.65
210 °C	256.50	645.56	3393.43
220 °C	170.93	464.31	1913.98
230 °C	95.70	404.15	920.60
240 °C	54.58	233.54	399.13
250 °C	50.72	214.01	375.51

Kısa yollu destilasyon tekniğinin skualenin ayrılması ve saflaştırılması amacıyla da kullanımı pek çok araştırmaya konu olmuştur. Sun vd. (1997) skualence zengin fraksiyonlar elde etmek için amarant yağını kısa yollu destilasyon tekniğini kullanarak damıtmışlardır. Araştırmada, yapışkan maddelerinden arındırılmış amarant yağı, alkali rafine amarant yağı ve yapay amarant yağı (skualen-soya yağı karışımı (7:93)) olmak üzere 3 çeşit yağ ile çalışılmıştır. Yapışkan maddelerinden arındırılmış amarant yağından 180 °C sıcaklık ve 3 mtorr vakum şartlarında %76 verimle skualen elde edilmiştir. Alkali rafine amarant yağı ve skualen-soya yağı karışımı (7:93) ise 160, 170 ve 180 °C’da, 10, 100, 200, 400 ve 600 mtorr vakumda destile edilmiştir. Her iki örnekte de en yüksek skualen geri kazanım oranları, 180 °C sıcaklık ve 100 mtorr vakum şartlarında elde edilmiştir. Bu koşullarda alkali rafine amarant yağından %67.8, skualen-soya yağı karışımından (7:93) %73.4 oranında skualen geri kazanılmıştır. Palm yağı destilatından minör bileşenlerin kısa yollu destilasyonla ekstraksiyonu üzerine, farklı besleme hızı ve sıcaklığın etkilerinin incelendiği bir çalışmada, serbest yağ asidi ve skualenin tokotrienol, α -tokoferol ve sterollerden daha düşük sıcaklıklarda buharlaştıkları tespit edilmiştir (Shi vd. 2007). Pietsch ve Jaeger (2007) de kısa yollu destilasyon sistemini kullanarak köpek balığı karaciğer yağından, 4 kg/saat besleme hızı, 0.1 mbar basınç ve 230 °C sıcaklıkta %93 verimle skualen elde etmişlerdir.

4.1.3 Mono ve diglisaritlerin destilasyonu

MDG'nin ağartılmış pirina yağından arındırılması amacıyla farklı sıcaklık ve basınçlarda destilasyon çalışması yapılmış ve destilasyon sonrası elde edilen yağların MDG içeriklerindeki değişim şekil 4.3'te verilmiştir. Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edile yağlara ait MDG içeriklerine ise çizelge 4.6'da yer verilmiştir.

0.02, 0.1 ve 0.5 mbar'da gerçekleştirilen destilasyon işlemlerinde 200 °C'da yağdan uzaklaştırılan MDG oranı sırasıyla %71, %75 ve %50 olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklıktan sonra 220 °C'a kadar, her üç basınçta da MDG oranının sabit kaldığı görülmektedir. Buna göre MDG için uygun koşullar 0.02 mbar ve 200 °C olarak belirlenmiştir. Çünkü MDG'nin destilasyon işlemi ile yağdan uzaklaştırılması zordur. Bu yüzden destilasyon koşulları belirlenirken düşük basınç-yüksek sıcaklık kombinasyonu tercih edilmiştir.



Şekil 4.3 Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağların MDG içeriklerindeki değişim

Çizelge 4.6 Farklı basınç ve sıcaklıklarda destile edilen yağlara ait MDG içerikleri (%)

Örnek	MDG içeriği		
	0.02 mbar	0.1 mbar	0.5 mbar
Ağartılmış pirina	0.24	0.24	0.24
160 °C	0.10	0.13	0.24
170 °C	0.07	0.13	0.18
180 °C	0.04	0.09	0.18
190 °C	0.08	0.09	0.11
200 °C	0.07	0.06	0.12
210 °C	0.07	0.06	0.12
220 °C	0.07	0.06	0.12
230 °C	0.08	0.06	0.02
240 °C	0.08	0.05	0.05
250 °C	0.06	0.04	0.06

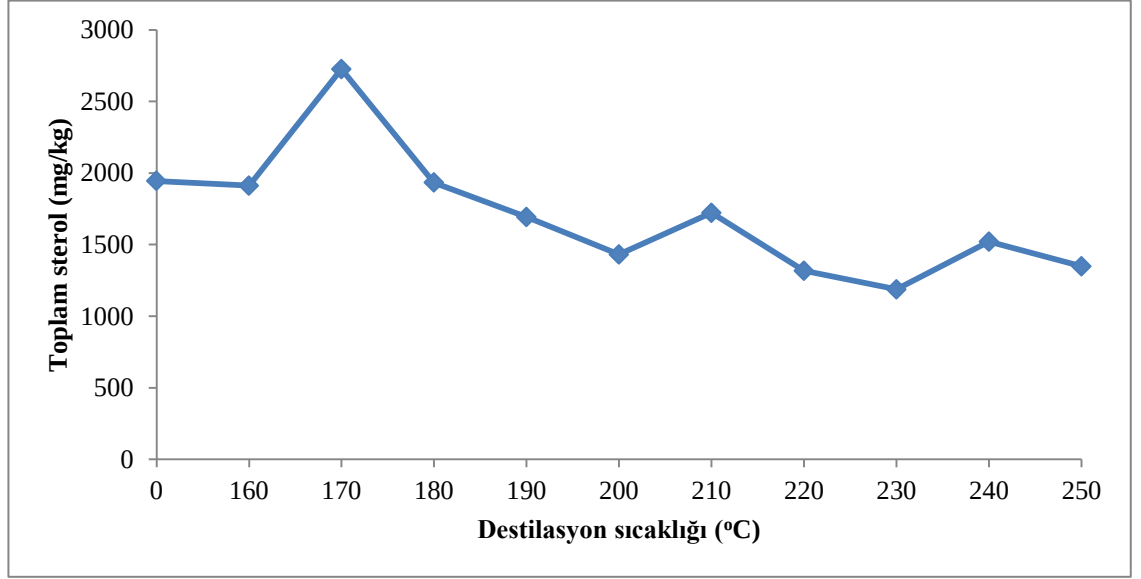
Kısmi gliseritler de bir destilat ya da karışımdan moleküler destilasyon tekniği ile ayrılabilir. Yang vd. (2004) tarafından yürütülen çalışmada, tereyağında bulunan digliseritler kısa yollu destilasyon tekniği kullanılarak damıtılmıştır. Bu çalışmada, önce tereyağından, gliserolizis sonucunda, mono, di ve trigliseritlerden oluşan bir karışım elde edilmiştir. Bu karışım daha sonra 0.001 mbar'ın altında bir basınçta ve 150 °C'da art arda üç destilasyon işlemine tabi tutulmuş ve böylece di ve trigliseritlerce zengin bir atık elde edilmiştir. Bundan sonra daha yüksek sıcaklıklarda (180-210 °C) yapılan destilasyon denemeleri ile digliseritler trigliseritlerden ayrılmıştır. Buna göre, 210 °C'da yapılan destilasyon sonucunda elde edilen destilatın digliserit içeriğinin %80'in üzerinde olduğu ve digliseritlerin yaklaşık %77'sinin geri kazanıldığı tespit edilmiştir. Posada vd. (2007) ise, palm yağ asidi destilatından tokoferol ve diğer minör bileşenleri ayırmayı amaçladıkları çalışmalarında, 1 mtorr'un altındaki basınçları, 0.1, 0.25 ve 0.4 kg/saat besleme hızlarını, 110-160°C arasında değişen sıcaklıkları denemişlerdir. Bu çalışma sonuçları, yağ asitleri ile skualenin tokoferol, tokotrienol ve sterollerden daha düşük sıcaklıklarda buharlaştığını, mono, di ve trigliseritlerin ise yağ asitleri ve diğer minör bileşenlerden daha yüksek sıcaklıklarda ayrıldıklarını ortaya koymuştur.

4.1.4 Sterollerin destilasyonu

Sterollerin ağartılmış pirina yağından uzaklaştırılması amacıyla 0.02 mbar basınç ve farklı sıcaklıklarda destilasyon çalışması yapılmış, elde edilen yağların sterol içerikleri ve bileşimleri belirlenmiştir. Sonuçlar şekil 4.4, çizelge 4.7-4.8’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, yağlardaki toplam sterol içeriğinin genel olarak 160-250 °C arasında değişen sıcaklıklarda azaldığı görülmektedir. Steroller; 160, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240 ve 250 °C’da yapılan destilasyonlarda sırasıyla %2, %0.5, %13, %26, %12, %32, %39, %22 ve %31 oranında yağlardan uzaklaştırılmıştır. Buna göre steroller için gerekli destilasyon koşulları 0.02 mbar ve 230 °C olarak belirlenmiştir. 0.1 ve 0.5 mbar basınçlarda gerçekleştirilen üretimlerdeki sterol içeriklerinin belirlenmesine gerek kalmamıştır. Çünkü 0.02 mbar basınçta 250 °C’da bile sterollerin tamamı uzaklaştırılamamıştır.

Sterollerin destilasyonuna ilişkin literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Jiang vd. (2006) kanola yağı deodorizasyon destilatından, asitle katalizlenmiş metil esterifikasyonu ve sterollerin kristalizasyonu aşamalarından sonra, moleküler destilasyon yöntemiyle tokoferol ve yağ asitlerini elde etmişlerdir. İşlem sırasında moleküler destilasyonda 230 °C’da bir kısım sterolün de buhar fazında bulunduğunu bildirmişlerdir. Shi vd. (2007) ise palm yağ asidi destilatını moleküler destilasyonla fraksiyonlamayı amaçladıkları çalışmalarında, sterollerin tokotrienol ve α -tokoferollerle birlikte serbest yağ asidi ve skualenden daha yüksek sıcaklıklarda buharlaştığını bildirmişlerdir. Posada vd. (2007) palm yağ asidi destilatlarından moleküler destilasyon yöntemiyle minör bileşenleri ayırdıkları çalışmalarında, steroller 0.1 kg/saat besleme hızında 150 °C’da, 0.25 ve 0.4 kg/saat besleme hızlarında ise 160°C’den daha yüksek sıcaklıklarda maksimum verim alarak ayırmışlardır. Destilasyon sırasında uçuculuk sırası kampesterol, stigmasterol ve β -sitosterol olarak belirlenmiştir. Watanabe vd. (2004) tarafından yürütülen bir çalışmada, soya yağı deodorizasyon destilatından tokoferol ve steroller moleküler destilasyon yöntemiyle ayrılarak tokoferol/sterol konsantresi elde edilmiştir. Daha sonra konsantreye *Candida rugosa* lipazı ilave edilerek steroller yağ asidi steril esterlerine, gliseritler serbest yağ asitlerine ve serbest yağ asitleri de yağ asidi metil esterlerine dönüştürülmüştür. Ancak işlem sırasında

tokoferollerde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Steril ve metil ester miktarını arttırmak için ise, yağ asidi steril ve metil esterleri moleküler destilasyonla karışımdan uzaklaştırılmış ve tokoferol, sterol ve serbest yağ asitlerini içeren fraksiyon lipazla tekrar muamele edilmiştir. İşlem sonunda %89.6 verimle tokoferol, %86.3 verimle yağ asidi steril esteri eldesi mümkün olmuştur.



Şekil 4.4 Farklı sıcaklık ve 0.02 mbar basınçta destile edilen yağlara ait toplam sterol içeriği (mg/kg)

Çizelge 4.7 Farklı sıcaklık ve 0.02 mbar basınçta destile edilen yağlara ait sterol içeriği (mg/kg)

Steroller	Sıcaklık (°C)										
	Ağartılmış Pirina	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
Kolesterol	5.59	7.66	6.10	4.39	4.41	4.33	4.66	5.56	4.54	3.99	3.86
Brassikasterol	2.25	2.69	5.18	3.77	2.73	2.06	3.53	2.02	1.86	2.18	2.07
24-metilen kolesterol	28.83	2.10	2.27	2.21	18.45	11.10	25.62	23.50	17.10	20.79	15.23
Kampesterol	62.40	62.85	86.53	64.43	53.67	45.09	55.69	43.19	38.91	49.84	44.11
Kampestanol	2.12	3.16	3.50	3.24	2.33	2.42	2.89	2.75	2.05	2.94	1.90
Stigmasterol	21.58	21.28	29.38	18.58	15.47	12.67	14.72	10.38	10.25	14.14	12.34
Δ-7-kampesterol	7.47	9.44	14.02	15.12	9.16	9.95	10.43	8.71	8.05	11.23	9.32
Klerosterol	13.85	14.27	19.50	14.87	11.21	10.68	14.50	11.42	9.38	12.59	12.07
β-sitosterol	1598.32	1590.73	2275.07	1596.86	1398.75	1176.39	1410.57	1063.08	970.19	1239.22	1099.11
Sitostanol	57.96	59.54	81.33	62.80	56.94	49.78	58.48	47.68	40.90	54.48	49.48
Δ-5-avenasterol	101.19	101.38	144.16	99.46	89.18	74.86	88.20	68.58	60.67	80.86	72.22
Δ-5-24-stigmastadienol	17.33	14.71	23.89	19.70	8.85	11.71	8.14	8.66	9.43	10.05	7.52
Δ-7-stigmasterol	12.96	11.40	14.96	13.27	11.20	8.25	9.29	10.37	5.51	7.23	8.00
Δ-7-avenasterol	11.93	10.38	20.01	14.73	10.64	11.59	14.58	10.69	9.01	11.34	11.15
Toplam	1943.77	1911.60	2725.90	1933.42	1692.99	1430.88	1721.29	1316.59	1187.84	1520.87	1348.37

Çizelge 4.8 Farklı sıcaklık ve 0.02 mbar basınçta destile edilen yağlara ait sterol bileşimi (%)

Steroller	Sıcaklık (°C)										
	Ağartılmış Pirina	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
Kolesterol	0.29	0.40	0.22	0.23	0.26	0.30	0.27	0.42	0.38	0.26	0.29
Brassikasterol	0.12	0.14	0.19	0.20	0.16	0.14	0.21	0.15	0.16	0.14	0.15
24-metilen kolesterol	1.48	0.11	0.08	0.12	1.09	0.78	1.49	1.79	1.44	1.37	1.13
Kampesterol	3.21	3.29	3.17	3.33	3.17	3.15	3.24	3.28	3.28	3.28	3.27
Kampestanol	0.11	0.17	0.13	0.17	0.14	0.17	0.17	0.21	0.17	0.19	0.14
Stigmasterol	1.11	1.11	1.08	0.96	0.91	0.89	0.86	0.79	0.86	0.93	0.92
Δ-7-kampesterol	0.38	0.49	0.51	0.78	0.54	0.70	0.61	0.66	0.68	0.74	0.69
Klerosterol	0.71	0.75	0.72	0.77	0.66	0.75	0.84	0.87	0.79	0.83	0.90
β-sitosterol	82.22	83.22	83.46	82.59	82.62	82.22	81.95	80.75	81.68	81.48	81.51
Sitostanol	2.98	3.12	2.98	3.25	3.36	3.48	3.40	3.62	3.44	3.58	3.67
Δ-5-avenasterol	5.21	5.30	5.29	5.14	5.27	5.23	5.12	5.21	5.11	5.32	5.36
Δ-5-24-stigmastadienol	0.89	0.77	0.88	1.02	0.52	0.82	0.47	0.66	0.79	0.66	0.56
Δ-7-stigmasterol	0.67	0.60	0.55	0.69	0.66	0.58	0.54	0.79	0.46	0.48	0.59
Δ-7-avenasterol	0.61	0.54	0.73	0.76	0.63	0.81	0.85	0.81	0.76	0.75	0.83
Eritrodiol+Uvaol	24.74	25.51	25.98	25.88	24.65	23.25	22.14	20.46	19.63	20.21	22.09

Steroller için belirlenen koşullarda (230 °C ve 0.02 mbar) ağartılmış pirina yağı minör bileşen açısından en düşük düzeye sahiptir. Bu düzeyi daha da düşürebilmek için, ağartılmış pirina yerine rafine pirina yağı kullanımına karar verilmiştir. Çünkü rafine pirinanın minör bileşen içeriği ağartılmış pirinadan daha düşüktür (Çizelge 4.9). Bu nedenle çalışma kapsamında minör bileşen içeriği en düşük fraksiyon (4. fraksiyon) sterollerin damıtıldığı koşullarda rafine pirina yağı kullanılarak hazırlanmıştır.

Bu şekilde pirina yağının 4 temel minör bileşeni olan, SYA, skualen, MDG ve sterollere ait destilasyon koşulları belirlenerek, hazırlanan farklı fraksiyonlardaki yağlarla kızartma denemeleri gerçekleştirilmiş ve bu bileşenlerin pirinanın kızartma stabilitesine etkisi tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9 Ağartılmış ve rafine pirina yağlarının minör bileşimi

	Ağartılmış pirina	Rafine pirina
SYA içeriği (%)	0.22	0.17
Skualen içeriği (mg/kg)	11400.80	6831.25
MDG içeriği (%)	2.07	1.98
Sterol içeriği (%)	2077.03	2045.70

4.2 Kızartma Öncesi Fraksiyonlara Ait Özellikler

Minör bileşenlerin kızartma stabilitesine etkilerinin belirlenmesi için, yedi ayrı fraksiyondaki pirina yağı kızartma işlemine tabi tutulmuştur. Kızartma öncesi fraksiyonlara ait skualen, MDG, sterol, α -, β -, γ - tokoferol, toplam polar madde, polimer trigliserit içerikleri, viskozite, renk indeksi, serbest asitlik, peroksit, özgül soğurma (K_{232} , K_{270} , ΔK), p-anisidin, dumanlanma noktası değerleri ve yağ asidi bileşimleri ile iyot sayıları belirlenmiş ve sonuçlar çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10'a göre, skualen, minör bileşenleri minimum düzeyde içeren rafine yağda (4. fraksiyon) 126.98 mg/kg, 1. fraksiyonda (skualen+MDG+sterol) 10763.63 mg/kg,

skualenin dışarıdan ilave edildiği 6. fraksiyonda ise 14166.93 mg/kg düzeyinde yer almaktadır. Kısmi gliseritler, 4. fraksiyonda (rafine yağ) %1.29, MDG içeren 1. (skualen+MDG+sterol), 2. (MDG+sterol) ve 7. (MDG) fraksiyonlarda ise sırasıyla %2.07, %1.96 ve %2.55 oranında yer almıştır. Sterollerin stabiliteye etkisini görmek için hazırlanmış olan 3. fraksiyonda, toplam sterol içeriği 2217.88 mg/kg olarak hesaplanmışken, sterol dahil tüm minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyonda 1653.30 mg/kg olarak belirlenmiştir. Toplam tokoferol ile α -, β - ve γ - tokoferollerin en fazla yer aldığı örnek, 1. fraksiyondur (skualen+MDG+sterol) ve tokoferol miktarı destilasyon ilerledikçe azalmıştır.

Fraksiyonların toplam polar madde içerikleri %8.5-21 arasında değişirken, polimer trigliserit içerikleri ise sifıra yakındır. En düşük viskozite değerleri 1. (skualen+MDG+sterol) ve 2. (MDG+sterol) fraksiyona aittir. Buna karşın, minör bileşenleri minimum düzeyde içeren rafine yağ fraksiyonu (4. fraksiyon) ile MDG fraksiyonunu (7. fraksiyon) oluşturan yağlar daha viskozdur. Renk indeksleri destilasyonla elde edilen ilk üç fraksiyonda, diğerlerine kıyasla daha düşüktür.

Oleik asitin ilave edildiği 5. fraksiyon %1.32 asitliğe sahipken, diğer fraksiyonlarda serbest asitlik %0.1'e eşit ve altında değerler almıştır. Peroksit değeri en düşük, minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyonda (2.97 meq O₂/kg yağ), en yüksek ise 1. fraksiyonda (skualen+MDG+sterol) (10.08 meq O₂/kg yağ) tespit edilmiştir. K değerleri en yüksek değerlerini 1. (skualen+MDG+sterol) ve 2. (MDG+sterol) fraksiyonlarda almıştır. Sterollerce zengin olan 3. fraksiyon en yüksek p-anisidin değerine sahipken, en düşük değer 4. fraksiyonda (rafine yağ) tespit edilmiştir. Dumanlanma noktası en yüksek fraksiyon 4. fraksiyon (rafine yağ) (242 °C) iken, dumanlanma noktası en düşük fraksiyon MDG ilave edilmiş 7. fraksiyondur (154 °C). Yağ asidi bileşimi ve iyot sayıları tüm fraksiyonlarda birbirine yakın değerlere sahiptir.

Çizelge 4.10 Kızartma öncesi fraksiyonlara ait özellikler

	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
Skualen (mg/kg)	10763.63	7279.94	833.64	126.98	203.71	14166.93	423.75
Mono-di gliserit (%)	2.07	1.96	1.78	1.29	1.19	1.18	2.55
Toplam sterol (mg/kg)	2077.03	2095.00	2217.88	1653.30	1573.39	1590.02	1495.90
α-tokoferol (mg/kg)	175.60	158.49	37.14	5.11	6.59	20.62	11.07
β-tokoferol (mg/kg)	6.57	1.09	0.45	0.48	0.26	0.34	0.28
γ-tokoferol (mg/kg)	27.30	13.32	8.24	6.40	6.42	6.21	6.34
Toplam polar madde (%)	13.25	15.00	18.00	8.50	9.50	10.00	21.00
Polimer trigliserit (%)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01
Viskozite (mPa.s)	83	85	93	94	90	92	99
Renk indeksi	1.82	1.45	1.10	4.34	4.25	3.57	3.90
Serbest asitlik (% oleik asit)	0.11	0.05	0.08	0.07	1.32	0.02	0.02
Peroksit değeri (meq O₂/kg yağ)	10.08	7.14	9.11	2.97	4.93	4.69	5.18
K₂₃₂	3.11	2.76	2.62	2.88	2.88	2.96	2.95
K₂₇₀	1.40	1.33	1.20	1.12	1.10	1.15	1.14
ΔK	0.10	0.10	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07
p-anisidin	8.49	9.11	9.66	6.66	6.76	7.12	7.42
Dumanlanma noktası (°C)	174	173	230	242	177	202	154

Çizelge 4.10 Kızartma öncesi fraksiyonlara ait özellikler (devam)

	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
Yağ asitleri dağılımı (%)							
14:0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
16:0	10.84	10.62	10.85	10.88	10.62	10.83	10.48
16:1	1.04	0.83	0.73	0.79	0.77	0.77	0.93
17:0	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07	0.07	0.07
17:1	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12
18:0	2.44	2.46	2.42	2.52	2.49	2.62	2.37
18:1	72.69	73.37	73.54	73.55	73.88	73.45	74.08
18:2	11.21	10.88	10.64	10.26	10.33	10.35	10.30
18:3	0.70	0.68	0.64	0.70	0.70	0.73	0.66
20:0	0.39	0.43	0.43	0.47	0.45	0.47	0.43
20:1	0.27	0.30	0.32	0.35	0.34	0.34	0.32
22:0	0.11	0.13	0.12	0.14	0.13	0.15	0.15
24:0	0.08	0.07	0.09	0.11	0.08	0.09	0.08
İS	88.77	88.54	88.08	87.64	88.04	87.77	88.19

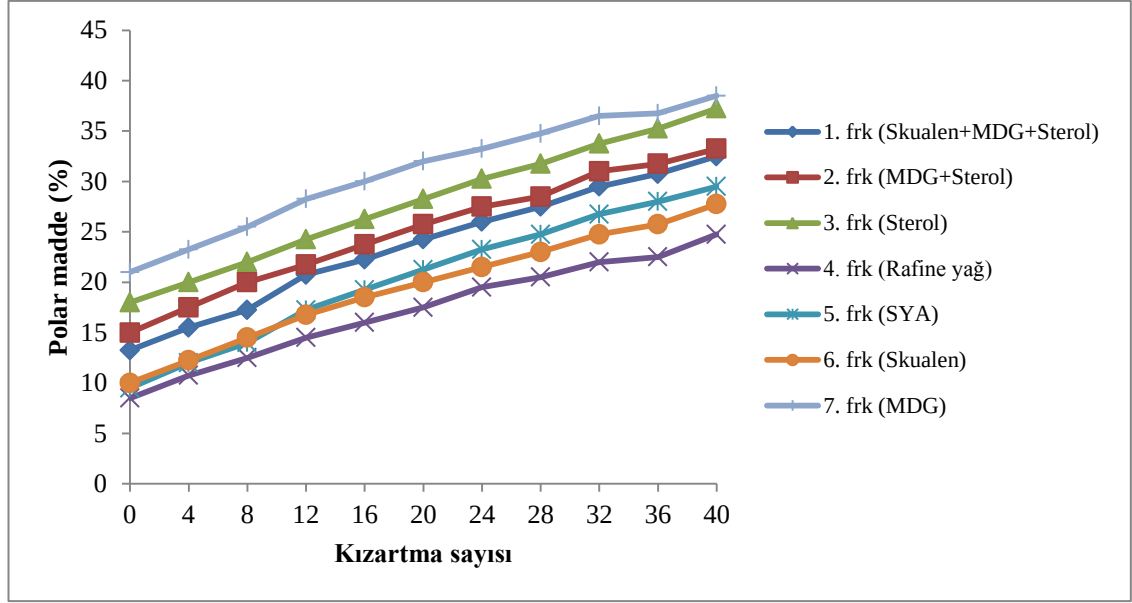
İS: İyot sayısı

4.3 Kızartma Süresince Yağların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler

4.3.1 Polar madde değişimine ilişkin bulgular

Farklı yağ fraksiyonlarının kızartmalar sırasındaki toplam polar madde değişimleri şekil 4.5'te, polar içerikleri ise çizelge 4.11'de verilmiştir. Toplam polar madde değerleri incelendiğinde “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Her bir yağ fraksiyonunda kızartma sayısı arttıkça polar madde değerinin de istatistik olarak önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Houhoula vd. (2003), pamuk yağında derin kızartma sırasında, kızartma sayı ve sıcaklığına bağlı olarak meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Bu amaçla pamuk yağı, 3 farklı sıcaklıkta (155, 175 ve 195 °C), 12 saat boyunca kızartma işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar, pamuk yağının polar madde içeriğinin kızartma sayısı arttıkça arttığını ortaya koymuştur.

MDG içeren 7. fraksiyon diğer fraksiyonlara kıyasla her bir kızartma sayısında en yüksek polar madde içeriğine sahiptir ($p<0.05$). Kızartma başlangıcında %21 olan polar madde içeriği 40. kızartma sonunda %38.5 değerine ulaşmıştır. 7. fraksiyondan sonra en yüksek polar madde oluşumu sterollerce zengin 3. fraksiyonda görülmüştür. Başlangıç polar madde içeriği %18 olan 3. fraksiyonda kızartma sonunda polar madde oranı %37.25 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kısmi gliseritlerin ve sterollerin polar madde oluşumu üzerinde etkili oldukları düşünülebilir. En düşük polar madde içeriğine sahip olan fraksiyon ise minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyondur. Kızartma başında %8.5 olan polar madde içeriği 40. kızartma sonunda %24.75 değerine ulaşmıştır.



Şekil 4.5 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun polar madde içeriklerindeki değişim

“Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı ve Sıvı Yağlar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği’nde” polar madde için limit $\leq \%25$ olarak verilmiştir (Anonim 2012). Buna göre sınırın altında kalan tek yağın $\%24.75$ ’lik polar madde içeriği ile 4. fraksiyon (rafine yağ) olduğu görülmektedir. Diğer yağların 40. kızartma sonundaki polar madde içerikleri ise yasal limitin üzerinde bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait toplam polar madde içerikleri (%) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	13.25±0.25 ^{Kd}	15.00±0.00 ^{Kc}	18.00±0.00 ^{Kb}	8.50±0.50 ^{Jf}	9.50±0.00 ^{Ke}	10.00±0.00 ^{Ke}	21.00±0.50 ^{Ja}
4	15.50±0.00 ^{Jd}	17.50±0.00 ^{Jc}	20.00±0.00 ^{Jb}	10.75±0.25 ^{If}	12.00±0.00 ^{Je}	12.25±0.25 ^{Je}	23.25±0.25 ^{Ia}
8	17.25±0.25 ^{Id}	20.00±0.00 ^{Ic}	22.00±0.00 ^{Ib}	12.50±0.50 ^{Hf}	14.00±0.00 ^{Ie}	14.50±0.00 ^{Ie}	25.50±0.50 ^{Ha}
12	20.75±0.25 ^{Hd}	21.75±0.25 ^{Hc}	24.25±0.25 ^{Hb}	14.50±0.50 ^{Gf}	17.25±0.25 ^{He}	16.75±0.25 ^{He}	28.25±0.25 ^{Ga}
16	22.25±0.25 ^{Gd}	23.75±0.25 ^{Gc}	26.25±0.25 ^{Gb}	16.00±0.50 ^{Fg}	19.25±0.25 ^{Ge}	18.50±0.50 ^{Gf}	30.00±0.00 ^{Fa}
20	24.25±0.25 ^{Fd}	25.75±0.25 ^{Fc}	28.25±0.25 ^{Fb}	17.50±0.50 ^{Eg}	21.25±0.25 ^{Fe}	20.00±0.00 ^{Ff}	32.00±0.50 ^{Ea}
24	26.00±0.00 ^{Ed}	27.50±0.00 ^{Ec}	30.25±0.25 ^{Eb}	19.50±0.50 ^{Dg}	23.25±0.25 ^{Ee}	21.50±0.00 ^{Ef}	33.25±0.25 ^{Da}
28	27.50±0.50 ^{Dd}	28.50±0.00 ^{Dc}	31.75±0.25 ^{Db}	20.50±0.50 ^{Cg}	24.75±0.25 ^{De}	23.00±0.00 ^{Df}	34.75±0.25 ^{Ca}
32	29.50±0.50 ^{Cd}	31.00±0.00 ^{Cc}	33.75±0.25 ^{Cb}	22.00±0.50 ^{Bg}	26.75±0.25 ^{Ce}	24.75±0.25 ^{Cf}	36.50±0.00 ^{Ba}
36	30.75±0.25 ^{Bd}	31.75±0.25 ^{Bc}	35.25±0.25 ^{Bb}	22.50±0.50 ^{Bg}	28.00±0.00 ^{Be}	25.75±0.25 ^{Bf}	36.75±0.25 ^{Ba}
40	32.50±0.50 ^{Ad}	33.25±0.25 ^{Ac}	37.25±0.25 ^{Ab}	24.75±0.75 ^{Ag}	29.50±0.00 ^{Ae}	27.75±0.25 ^{Af}	38.50±0.50 ^{Aa}

A-K :

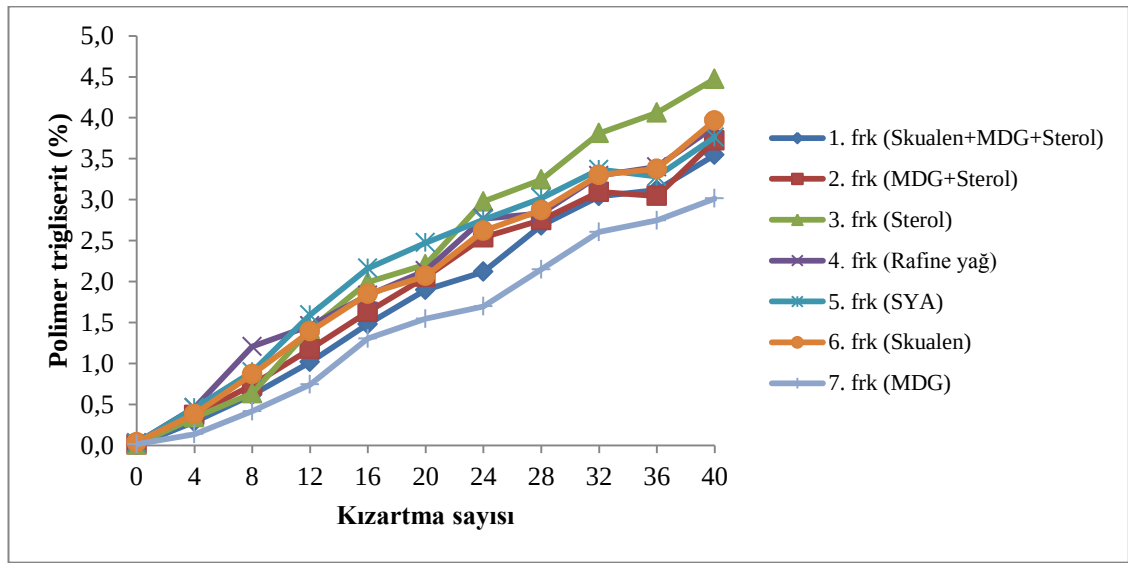
Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir(p<0.05).

^{a-g} : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.3.2 Polimer trigliserit değişimine ilişkin bulgular

Polimer trigliserit değerleri için “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Her bir yağ fraksiyonunda ve her bir kızartma sayısı seviyesinde polimer trigliserit değerlerine ilişkin veriler çizelge 4.12’de görölmektedir. Yağ fraksiyonlarının toplam polimer trigliserit içeriklerindeki değişim ise şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun polimer trigliserit içeriklerindeki değişim

Çizelge 4.12’ye göre, her bir kızartma sayısı için polimer trigliserit içeriği en düşük olan fraksiyonun 7. fraksiyon (MDG) olduğu görölmektedir. Kızartma başında %0.01 olan polimer trigliserit içeriği 40. kızartma sonunda %3.01 değerine ulaşmıştır. Shimizu vd. (2004) de, digliserit bakımından zengin yağların derin kızartma sırasında oluşan polimer gliserit içeriğinin, trigliseritlerce zengin olan yağlardan daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek polimer trigliserit içeriği ise 8. kızartmaya kadar 4. fraksiyonda (rafine yağ) gözlenmişken, 12-20. kızartmalar arasında 5. fraksiyonda (SYA), 20. kızartmadan itibaren kızartma sonuna kadar da 3. fraksiyonda (sterol) tespit edilmiştir. Buna göre 40. kızartma sonunda polimer trigliseritlerin en fazla oluştuğu yağın sterollerce zengin olan 3. fraksiyon olduğu söylenebilir. Kızartma başında %0

olan polimer trigliserit içeriği kızartma sonunda %4.47 değerine ulaşmıştır. Bu sonuçlara göre, kısmi gliseritlerin kızartma sırasında polimer trigliserit oluşumunu azalttığı, sterollerin ise bu oluşumu teşvik ettiği söylenebilir. Ayrıca 3. (sterol) ve 4. (rafine yağ) fraksiyonların polimer trigliserit içeriklerinin yüksek oluşu, daha yüksek sıcaklıklarda destile edilen bu fraksiyonlardaki tokoferol kaybının daha fazla olması ile ilişkili olabilir.

Her bir yağ fraksiyonunda kızartma sayısı arttıkça toplam polimer trigliserit içeriğinde meydana gelen artış da istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kızartma sırasında yağlarda oluşan polimer trigliserit miktarı kızartma sayısına bağlıdır ve sayı arttıkça yağların polimer trigliserit içerikleri de artmaktadır (Cuesta vd. 1993, Houhoula vd. 2003).

Çizelge 4.12 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait toplam polimer trigliserit içerikleri (%) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	0.00±0.00 ^{Ja}	0.00±0.00 ^{Ja}	0.00±0.00 ^{Ka}	0.02±0.00 ^{Ia}	0.02±0.00 ^{Ja}	0.03±0.00 ^{Ja}	0.01±0.00 ^{Ha}
4	0.28±0.00 ^{Iab}	0.36±0.01 ^{Ia}	0.34±0.01 ^{Ja}	0.46±0.13 ^{Ha}	0.45±0.02 ^{Ia}	0.38±0.01 ^{Ia}	0.13±0.00 ^{Hb}
8	0.61±0.05 ^{Hc}	0.73±0.03 ^{Hbc}	0.63±0.01 ^{Ic}	1.20±0.17 ^{Ga}	0.89±0.03 ^{Hb}	0.86±0.05 ^{Hb}	0.41±0.00 ^{Gd}
12	1.01±0.09 ^{Gb}	1.17±0.06 ^{Gb}	1.41±0.00 ^{Ha}	1.46±0.00 ^{Fa}	1.59±0.04 ^{Ga}	1.39±0.06 ^{Ga}	0.74±0.01 ^{Fc}
16	1.47±0.02 ^{Fcd}	1.62±0.12 ^{Fc}	1.99±0.01 ^{Gab}	1.83±0.21 ^{Eb}	2.16±0.10 ^{Fa}	1.84±0.01 ^{Fb}	1.30±0.00 ^{Ed}
20	1.89±0.00 ^{Ec}	2.05±0.02 ^{Ebc}	2.20±0.02 ^{Fb}	2.13±0.15 ^{Db}	2.47±0.03 ^{Ea}	2.06±0.10 ^{Ebc}	1.54±0.00 ^{Dd}
24	2.11±0.09 ^{Dd}	2.53±0.07 ^{Dc}	2.97±0.04 ^{Ea}	2.76±0.11 ^{Cb}	2.75±0.08 ^{Db}	2.61±0.00 ^{Dbc}	1.69±0.01 ^{De}
28	2.68±0.08 ^{Cc}	2.74±0.04 ^{Cc}	3.24±0.00 ^{Da}	2.83±0.08 ^{Cbc}	3.01±0.06 ^{Cb}	2.87±0.07 ^{Cbc}	2.14±0.01 ^{Cd}
32	3.04±0.18 ^{Bc}	3.09±0.15 ^{Bc}	3.81±0.00 ^{Ca}	3.29±0.21 ^{Bb}	3.36±0.11 ^{Bb}	3.30±0.00 ^{Bb}	2.60±0.02 ^{Bd}
36	3.11±0.08 ^{Bcd}	3.04±0.18 ^{Bd}	4.06±0.02 ^{Ba}	3.39±0.21 ^{Bb}	3.28±0.13 ^{Bbc}	3.37±0.16 ^{Bb}	2.74±0.01 ^{Be}
40	3.54±0.03 ^{Ad}	3.72±0.06 ^{Ac}	4.47±0.01 ^{Aa}	3.89±0.07 ^{Abc}	3.76±0.10 ^{Ac}	3.96±0.08 ^{Ab}	3.01±0.01 ^{Ae}

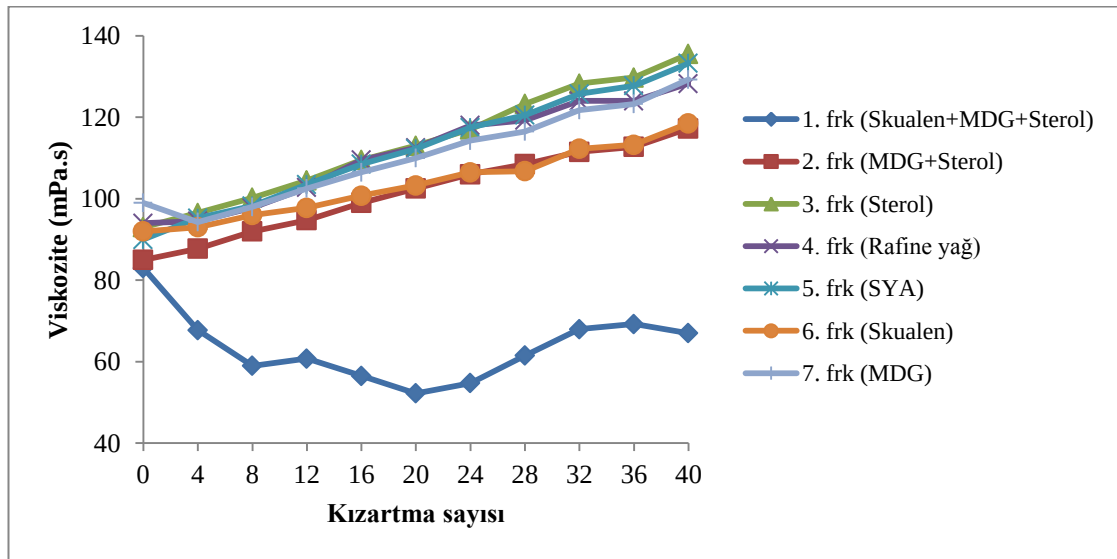
A-K : Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

a-e : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.3.3 Viskozite değişimine ilişkin bulgular

Kızartma işlemlerinde kullanılan fraksiyonların kızartma boyunca viskozitelerinde görülen değişim şekil 4.7’de, viskozite değerleri ise çizelge 4.13’te verilmiştir. Viskozite değerleri incelendiğinde “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre 4. kızartmadan itibaren en yüksek viskozite değerleri, 3. fraksiyonda (sterol) tespit edilmiş, bunu da 5. fraksiyon (SYA) takip etmiştir. Viskozite içeriği en düşük olan örnek ise, skualen, MDG, sterol minör bileşenlerini içeren 1. fraksiyon olup, viskozitesi kızartma süresince literatür bilgilerinin aksine azalma göstermiştir. Kızartma başlangıcında 83 mPa.s olan viskozite değeri, kızartma boyunca dalgalanma göstererek 40. kızartma sonunda 67 mPa.s değerini almıştır. 1. fraksiyon (skualen+MDG+sterol) dışındaki her bir yağ fraksiyonunda kızartma sayısı arttıkça viskozite değerinin de istatistik olarak önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Benzer şekilde, kızartma boyunca yağların viskozitelerinin arttığını bildiren çalışmalar mevcuttur (Tseng vd. 1996, Kalogianni vd. 2011). Kızartma başlangıcında 1.-7. fraksiyonların viskozite değerleri sırasıyla 83, 85, 93, 94, 90, 92, 99 mPa.s iken, kızartma sonunda 67, 117.25, 135.50, 128.25, 133.25, 118.50, 129.25 mPa.s değerlerini almıştır (Çizelge 4.13).



Şekil 4.7 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun viskozitelerindeki değişim

Lalas (2009), viskozitenin yağlardaki polimer oluşumuna paralel olarak arttığını bildirmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçların bu yönde olduğu söylenebilir. Viskozite değerleri açısından yağlar yüksekten düşüğe doğru 3. (sterol), 5. (SYA), 4. (rafine yağ), 7. (MDG), 6. (skualen), 2. (MDG+sterol) ve 1. (skualen+MDG+sterol) fraksiyon şeklinde sıralanmaktadır. Bu yağlar polimer trigliserit içerikleri açısından ise, aynı sıra ile 3. (sterol), 4. (rafine yağ), 5. (SYA), 6. (skualen), 2. (MDG+sterol), 1. (skualen+MDG+sterol) ve 7. (MDG) fraksiyon şeklinde sıralanmaktadır. Burada yalnızca 7. fraksiyonun farklılık gösterdiği görülmektedir. Polimer trigliserit içeriği en düşük fraksiyon olmasına rağmen, en düşük viskoziteye sahip fraksiyon değildir. Bu durum, MDG'nin de büyük moleküllü bileşikler olmalarıyla açıklanabilir. MDG'nin polimer oluşumu üzerindeki olumlu etkileri molekül yapılarından dolayı viskoziteye yansımamış olabilir.

Çizelge 4.13 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait viskozite değerleri (mPa.s) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	83.00±0.00 ^{Ac}	85.00±0.00 ^{Hc}	93.00±0.00 ^{Hb}	94.00±0.00 ^{Fb}	90.00±0.00 ^{Hb}	92.00±0.00 ^{Hb}	99.00±0.00 ^{EFa}
4	67.75±3.25 ^{Bc}	87.75±1.25 ^{Hb}	96.50±0.50 ^{Ha}	94.50±0.50 ^{Fa}	95.25±0.25 ^{Ga}	93.00±0.00 ^{GHa}	94.25±0.25 ^{Ga}
8	59.00±3.00 ^{CDd}	92.00±0.50 ^{Gc}	100.25±0.25 ^{Ga}	97.75±1.25 ^{Fab}	98.25±0.25 ^{Gab}	96.00±0.00 ^{FGb}	98.00±0.00 ^{Fab}
12	60.75±1.25 ^{Cc}	94.75±0.25 ^{Gb}	104.50±0.50 ^{Fa}	102.75±1.75 ^{Ea}	103.50±0.50 ^{Fa}	97.75±0.75 ^{EFb}	102.50±0.50 ^{Ea}
16	56.50±0.50 ^{DEc}	99.00±0.50 ^{Fb}	109.50±1.00 ^{Ea}	109.50±1.00 ^{Da}	108.50±0.00 ^{Ea}	100.75±0.75 ^{DEb}	106.50±0.50 ^{Da}
20	52.25±2.25 ^{Fc}	102.50±0.50 ^{EFb}	113.00±1.00 ^{Ea}	112.50±0.50 ^{Da}	112.25±0.25 ^{Da}	103.25±0.25 ^{CDb}	110.00±0.50 ^{Da}
24	54.75±0.75 ^{EFc}	106.00±0.50 ^{DEb}	117.00±0.50 ^{Da}	118.00±1.00 ^{Ca}	117.50±0.50 ^{Ca}	106.50±0.00 ^{Cb}	114.25±0.75 ^{Ca}
28	61.50±1.50 ^{Ce}	108.50±1.00 ^{CDd}	123.25±0.25 ^{Ca}	119.25±2.25 ^{Cbc}	120.50±1.00 ^{Cab}	106.75±0.25 ^{Cd}	116.50±0.50 ^{Cc}
32	68.00±7.00 ^{Be}	111.50±1.00 ^{BCd}	128.25±1.75 ^{Ba}	124.00±3.00 ^{Bbc}	125.75±0.75 ^{Bab}	112.25±0.25 ^{Bd}	121.75±0.25 ^{Bc}
36	69.25±1.75 ^{Bd}	112.75±0.75 ^{Bc}	129.75±1.25 ^{Ba}	124.00±1.00 ^{Bb}	127.75±0.75 ^{Ba}	113.25±1.25 ^{Bc}	123.25±0.75 ^{Bb}
40	67.00±5.00 ^{Bd}	117.25±0.75 ^{Ac}	135.50±1.50 ^{Aa}	128.25±1.25 ^{Ab}	133.25±1.25 ^{Aa}	118.50±0.50 ^{Ac}	129.25±1.25 ^{Ab}

A-H :

Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

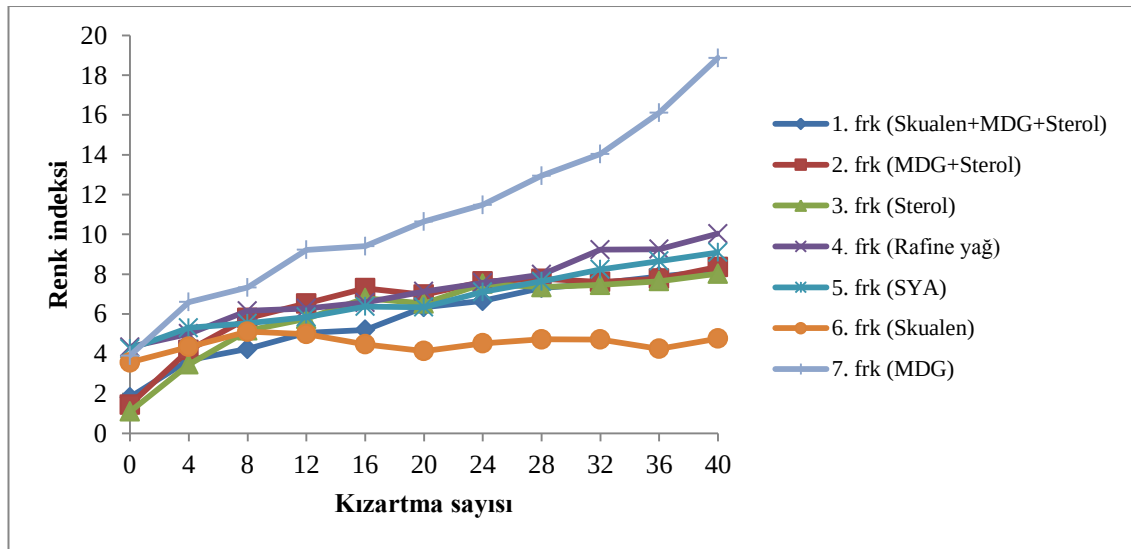
^{a-e} : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.3.4 Renk indeksi değişimine ilişkin bulgular

Renk indeksi, derin kızartma sırasında yağ kalitesinin takibi için diğer parametrelerle birlikte referans olarak kullanılabilir. Kızartma sırasında yağın renginde meydana gelen değişiklik, yağda ve kızartılacak gıdada bulunan yağ asitleri, dimerler, polimerler ve diğer minör bileşiklerle etkileşimin yanı sıra kızartma süresine de bağlıdır (Xu vd. 1999). Renk indeksi değerleri için “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Her bir yağ fraksiyonunda ve her bir kızartma sayısı seviyesinde renk indeksi değerlerine ilişkin veriler çizelge 4.14’te verilmiştir. Yağ fraksiyonlarının renk indekslerindeki değişim ise şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 incelendiğinde, her bir kızartma sayısı için en yüksek renk indeksi değerlerinin 7. fraksiyonda (MDG), en düşük değerlerin ise 6. fraksiyonda (skualen) olduğu görülmektedir. Her bir yağ fraksiyonunda da kızartma sayısı ile birlikte renk indeksi değerlerinin genel olarak arttığı ve bu artışın da istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.8 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun renk indekslerindeki değişim

Çizelge 4.14 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait renk indeksi değerleri (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	1.82±0.00 ^{Gb}	1.45±0.00 ^{Eb}	1.10±0.00 ^{Fb}	4.34±0.00 ^{Ga}	4.25±0.00 ^{Ga}	3.57±0.00 ^{Ba}	3.90±0.00 ^{Ga}
4	3.69±0.45 ^{Fcd}	4.18±0.04 ^{Dbcd}	3.46±0.08 ^{Ed}	5.01±0.24 ^{FGbc}	5.30±0.08 ^{FGb}	4.35±0.00 ^{ABbcd}	6.59±0.09 ^{Fa}
8	4.24±0.84 ^{EFc}	5.79±0.04 ^{Cb}	5.16±0.19 ^{Dbc}	6.15±0.07 ^{EFab}	5.53±0.17 ^{FGbc}	5.11±0.22 ^{Abc}	7.33±0.11 ^{Fa}
12	5.05±0.11 ^{Ec}	6.53±0.06 ^{BCb}	5.75±0.35 ^{CDbc}	6.27±0.55 ^{DEFbc}	5.84±0.07 ^{EFbc}	4.99±0.74 ^{ABc}	9.22±0.20 ^{Ea}
16	5.19±0.28 ^{DEcd}	7.29±0.07 ^{ABb}	6.79±0.17 ^{ABCb}	6.57±0.65 ^{DEb}	6.37±0.53 ^{DEFbc}	4.48±0.21 ^{ABd}	9.41±0.11 ^{Ea}
20	6.34±0.75 ^{CDb}	6.97±0.07 ^{ABCb}	6.53±0.17 ^{BCb}	7.13±1.09 ^{CDEb}	6.34±0.25 ^{DEFb}	4.13±0.20 ^{ABc}	10.64±0.13 ^{Da}
24	6.66±0.34 ^{BCb}	7.63±0.14 ^{ABb}	7.51±0.42 ^{ABb}	7.56±0.90 ^{CDb}	7.10±0.43 ^{CDEb}	4.52±0.03 ^{ABc}	11.48±0.17 ^{Da}
28	7.31±0.30 ^{ABCb}	7.76±0.14 ^{ABb}	7.35±0.34 ^{ABb}	7.98±0.99 ^{BCb}	7.63±0.40 ^{BCDb}	4.72±0.22 ^{ABc}	12.94±0.50 ^{Ca}
32	7.53±0.48 ^{ABCc}	7.61±0.08 ^{ABc}	7.45±0.52 ^{ABc}	9.23±1.35 ^{ABb}	8.24±0.56 ^{ABCbc}	4.71±0.31 ^{ABd}	14.04±0.73 ^{Ca}
36	7.89±0.21 ^{ABc}	7.77±0.29 ^{ABc}	7.64±0.27 ^{ABc}	9.26±1.58 ^{ABb}	8.66±0.26 ^{ABbc}	4.25±0.11 ^{ABd}	16.10±0.98 ^{Ba}
40	8.17±0.32 ^{Ac}	8.36±0.43 ^{Ac}	8.02±0.24 ^{Ac}	10.04±1.77 ^{Ab}	9.09±0.20 ^{Abc}	4.76±0.12 ^{ABd}	18.86±1.06 ^{Aa}

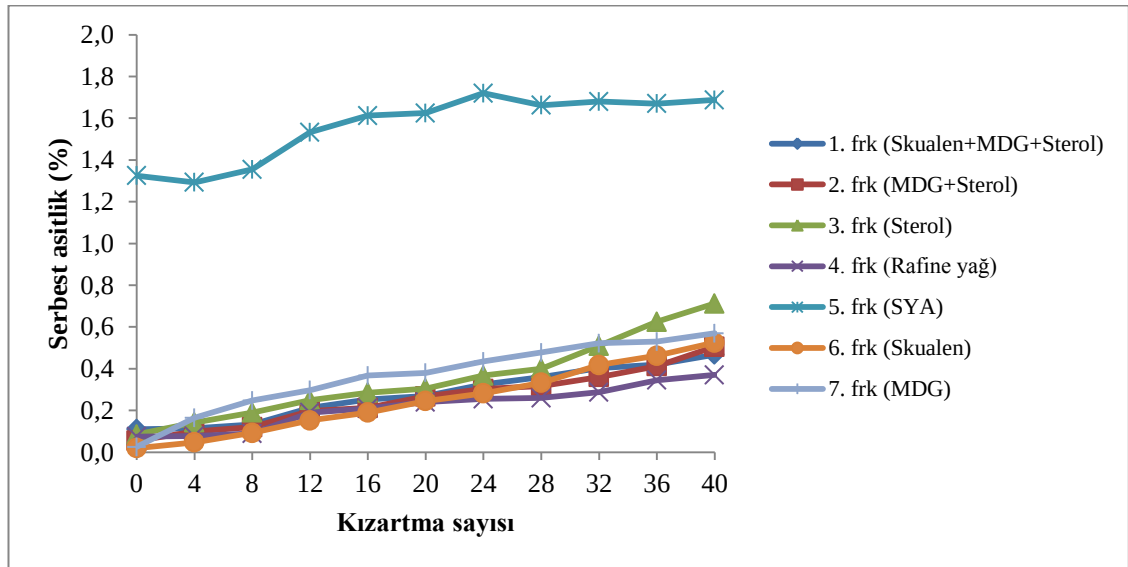
^{A-G} : Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-d} : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.3.5 Serbest asitlik değişimine ilişkin bulgular

Farklı yağ fraksiyonlarının, kızartmalar sırasında serbest asitliklerindeki değişim şekil 4.9’da verilmiştir. Yedi farklı fraksiyona ait serbest asitlik değerleri incelendiğinde, “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.15). Her bir kızartma sayısı için serbest asitlik bakımından gözlenen fark, yağ fraksiyonuna göre veya her bir fraksiyon için asitlik açısından gözlenen fark, kızartma sayısına göre değişmektedir. Bu fark tesadüfi değildir, istatistik olarak önemlidir.



Şekil 4.9 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun serbest asitlik değerlerindeki değişim

Serbest asitlerin kızartma stabilitesine etkisini incelemek için dışarıdan oleik asit ilave edilen 5. fraksiyonun kızartma başlangıcındaki serbest asit içeriği %1.32 olup diğer fraksiyonlardan daha yüksektir, bu fraksiyon kızartma sonunda ise %1.68 serbest asit içeriğine ulaşmıştır. Bunun yanı sıra, her bir kızartma sayısında en yüksek serbest asit içeriğine sahip olan fraksiyonların 3. (sterol) ve 7. (MDG) fraksiyonlar, en düşük içeriğe sahip olanın da minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyon (rafine yağ) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.15). Buradan, MDG ve sterollerin kızartma sırasında serbest asit oluşumunu artırıcı yönde bir etkiye sahip oldukları sonucu çıkarılabilir. Frega vd.

(1999) tarafından da, mono ve digliseritlerin, yağların hidrolizini hızlandırdığı belirtilmiştir. Serbest asitlik üzerine etki eden iki faktör arasındaki interaksiyon önemli olduğundan, her bir fraksiyon için, kızartma sayısındaki artışın örneklerin serbest asit miktarlarında meydana getirdiği artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Li vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada, 180 °C'da gerçekleştirilen kızartma işlemleri sonucunda, digliserit ve trigliseritlerce zengin olan yağların stabiliteleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, asit sayısının her iki yağda da kızartma boyunca arttığı ve bu artışın da digliseritlerce zengin olan yağlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait serbest asitlik değerleri (%) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	0.11±0.00 ^{Eb}	0.05±0.00 ^{Gb}	0.08±0.00 ^{Gb}	0.07±0.00 ^{Eb}	1.32±0.00 ^{Ca}	0.02±0.00 ^{Hb}	0.02±0.00 ^{Gb}
4	0.11±0.00 ^{Ebc}	0.10±0.00 ^{FGbc}	0.14±0.00 ^{FGbc}	0.07±0.00 ^{Ebc}	1.29±0.02 ^{Ca}	0.04±0.00 ^{Hc}	0.16±0.01 ^{Fb}
8	0.13±0.01 ^{Ec}	0.12±0.01 ^{FGc}	0.19±0.01 ^{EFbc}	0.09±0.01 ^{DEc}	1.35±0.02 ^{Ca}	0.09±0.00 ^{GHc}	0.24±0.01 ^{EFb}
12	0.21±0.00 ^{DEbc}	0.19±0.00 ^{EFbc}	0.25±0.01 ^{DEbc}	0.19±0.01 ^{CDbc}	1.53±0.12 ^{Ba}	0.15±0.00 ^{FGc}	0.29±0.01 ^{DEb}
16	0.25±0.01 ^{CDc}	0.21±0.00 ^{DEFc}	0.28±0.00 ^{DEbc}	0.21±0.02 ^{Cc}	1.61±0.14 ^{ABa}	0.19±0.01 ^{EFGc}	0.36±0.01 ^{CDb}
20	0.27±0.00 ^{CDc}	0.26±0.00 ^{CDEc}	0.30±0.00 ^{CDEbc}	0.24±0.00 ^{BCc}	1.62±0.11 ^{ABa}	0.24±0.00 ^{DEFc}	0.38±0.01 ^{CDb}
24	0.32±0.01 ^{BCDc}	0.30±0.01 ^{BCDEc}	0.36±0.00 ^{CDbc}	0.25±0.01 ^{BCc}	1.72±0.10 ^{Aa}	0.28±0.01 ^{DEc}	0.43±0.01 ^{BCb}
28	0.36±0.00 ^{ABCcd}	0.31±0.00 ^{BCDcd}	0.40±0.01 ^{Cbc}	0.26±0.02 ^{ABCd}	1.66±0.11 ^{Aa}	0.33±0.00 ^{CDcd}	0.47±0.01 ^{ABCb}
32	0.40±0.01 ^{ABd}	0.36±0.01 ^{BCde}	0.51±0.01 ^{Bbc}	0.28±0.01 ^{ABCe}	1.68±0.10 ^{Aa}	0.41±0.00 ^{BCcd}	0.52±0.00 ^{ABb}
36	0.42±0.01 ^{ABde}	0.41±0.02 ^{ABde}	0.62±0.01 ^{Ab}	0.34±0.00 ^{ABe}	1.67±0.09 ^{Aa}	0.46±0.01 ^{ABcd}	0.53±0.00 ^{ABbc}
40	0.46±0.00 ^{Ac}	0.50±0.01 ^{Ac}	0.71±0.00 ^{Ab}	0.37±0.01 ^{Ad}	1.68±0.09 ^{Aa}	0.52±0.01 ^{Ac}	0.57±0.01 ^{Ac}

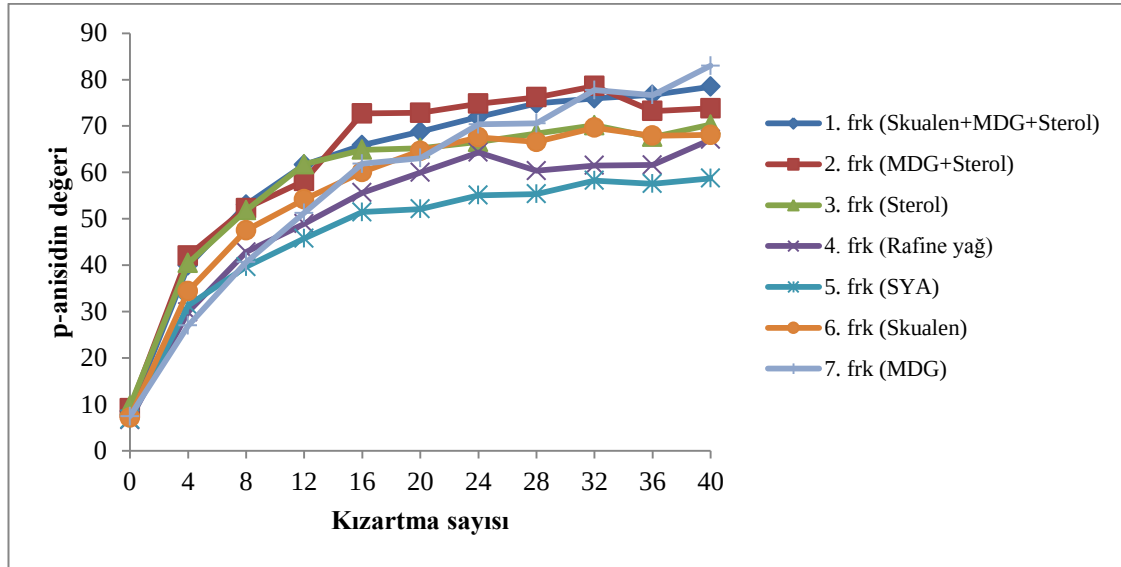
^{A-H} : Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-e} : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.3.6 p-Anisidin değişimine ilişkin bulgular

p-Anisidin değeri, yağların oksidasyonu sırasında oluşan ikincil oksidasyon ürünlerinden, aldehytlerin (özellikle 2-alkenaller ve 2,4-dienaller) bir ölçüsüdür. Yedi farklı fraksiyona ait p-anisidin değerleri çizelge 4.16’da, kızartma boyunca p-anisidin değerlerindeki değişim ise şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun p-anisidin değerlerindeki değişim

Çizelge 4.16’da yer alan p-anisidin değerleri incelendiğinde, “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksiyonunun istatistik olarak önemli bulunduğu görülmektedir. Genel olarak her bir yağ fraksiyonunda, kızartma sayısı arttıkça p-anisidin değerleri de artmıştır ($p<0.05$). Chung vd. (2004) de, kızartma sayısı arttıkça yağların p-anisidin değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, Tompkins ve Perkins (1999) tarafından yapılan çalışmada da, p-anisidin değerinin kızartma süresindeki artışa bağlı olarak arttığı belirtilmiştir. Hansen vd. (1994) ise, 190 °C’da 60 saat boyunca derin kızartma işlemine tabi tutulan trioleinin, p-anisidin değerinin, 2.1’den 98.3’e çıktığını tespit etmişlerdir. Her bir kızartma sayısı için ortalama değerler kıyaslandığında, kızartma süresince en düşük p-anisidin değerleri oleik asit ilavesiyle hazırlanan 5. fraksiyonda görülmüştür. Buna göre, serbest asitlerin kızartma sırasında p-anisidin oluşumunu önlediği düşünülebilir. Kızartma boyunca en yüksek p-anisidin değerine

sahip olan yağların, 1. (skualen+MDG+sterol) ve 2. (MDG+sterol) fraksiyonlar olduğu tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra 7. fraksiyonun (MDG) p-anisidin değeri 28. kızartmadan sonra artış göstermiş ve 40. kızartma sonunda en yüksek değer bu fraksiyonda belirlenmiştir. Matthäus (2006) tarafından yürütülen çalışmada, yağların p-anisidin değerlerinin 72 saatlik bir kızartmanın ilk 30 saati içerisinde, yağ çeşidine göre değişmek üzere, farklı düzeylerde artış gösterdiği, p-anisidin değerlerinde 30. saatten sonra ise önemli bir artış olmadığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.16 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait p-anisidin değerleri (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	8.49±0.00 ^{Ia}	9.11±0.00 ^{Ga}	9.66±0.00 ^{Ga}	6.66±0.00 ^{Ha}	6.76±0.00 ^{Ha}	7.12±0.00 ^{Ga}	7.42±0.00 ^{Ha}
4	39.89±0.16 ^{Ha}	42.06±1.57 ^{Fa}	40.43±0.01 ^{Fa}	29.92±3.26 ^{Gc}	31.33±0.25 ^{Gc}	34.39±0.65 ^{Fb}	26.99±0.98 ^{Gd}
8	53.05±1.55 ^{Ga}	52.29±1.20 ^{Ea}	51.83±0.45 ^{Ea}	42.84±3.97 ^{Fc}	39.63±0.43 ^{Fd}	47.50±0.85 ^{Eb}	40.64±0.76 ^{Fcd}
12	61.64±1.42 ^{Fa}	58.13±0.27 ^{Db}	61.73±1.26 ^{Da}	48.94±1.67 ^{Ed}	45.75±0.01 ^{Ee}	54.16±0.92 ^{Dc}	51.25±0.95 ^{Ed}
16	65.87±0.33 ^{Eb}	72.72±1.30 ^{Ca}	64.88±1.63 ^{Cb}	55.63±2.07 ^{Dd}	51.44±0.90 ^{De}	60.07±0.32 ^{Cc}	61.88±0.78 ^{Dc}
20	68.78±1.57 ^{Db}	72.86±0.73 ^{Ca}	65.21±0.08 ^{Cc}	59.98±0.04 ^{Cd}	52.08±0.00 ^{De}	64.62±1.17 ^{Bc}	63.08±0.39 ^{Dc}
24	71.93±0.58 ^{Cb}	74.81±0.40 ^{BCa}	66.56±0.37 ^{BCde}	64.31±0.77 ^{ABe}	55.07±0.08 ^{Cf}	67.57±0.85 ^{ABcd}	70.36±0.23 ^{Cbc}
28	74.85±1.70 ^{Ba}	76.20±1.55 ^{ABa}	68.38±0.56 ^{ABbc}	60.35±2.71 ^{Cd}	55.33±0.00 ^{BCe}	66.57±0.15 ^{ABc}	70.56±0.59 ^{Cb}
32	75.95±0.12 ^{ABa}	78.59±1.16 ^{Aa}	70.14±0.06 ^{Ab}	61.49±0.41 ^{BCc}	58.23±0.35 ^{ABd}	69.64±0.13 ^{Ab}	77.75±0.31 ^{Ba}
36	76.70±0.48 ^{ABa}	73.21±0.04 ^{BCb}	67.64±0.12 ^{ABCc}	61.58±0.20 ^{BCd}	57.56±0.83 ^{ABCe}	67.92±0.76 ^{Ac}	76.67±1.88 ^{Ba}
40	78.46±0.42 ^{Ab}	73.82±1.51 ^{BCc}	70.29±0.22 ^{Ad}	67.09±1.29 ^{Ae}	58.73±0.19 ^{Af}	68.07±1.50 ^{Ade}	82.98±0.55 ^{Aa}

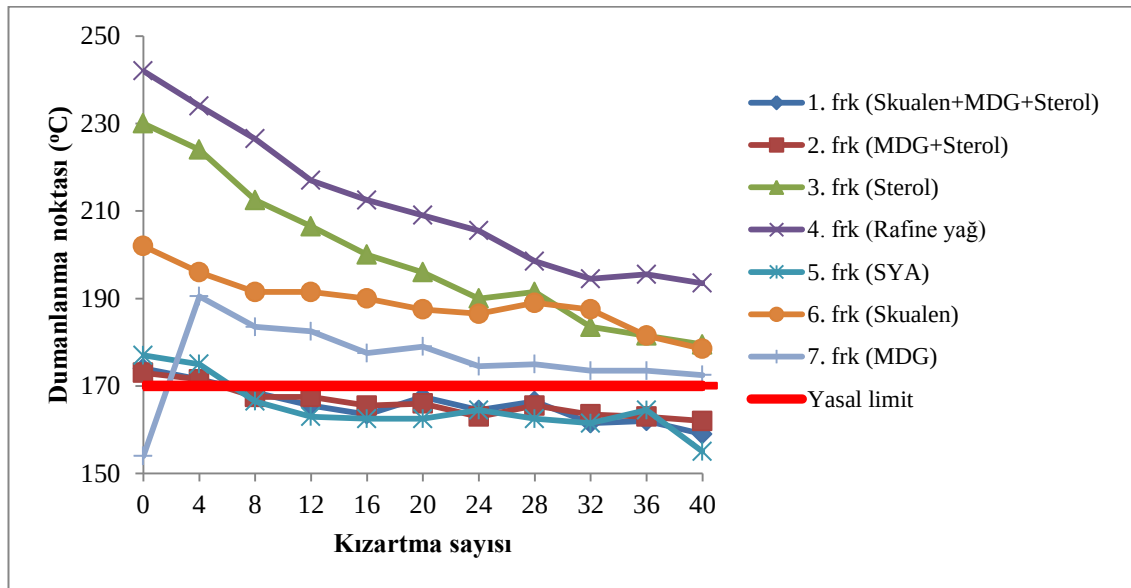
^{A-I} : Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-f} : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.3.7 Dumanlanma noktası değişimine ilişkin bulgular

Kızartmalar sırasında farklı bileşime sahip yağların dumanlanma noktalarındaki değişimi şekil 4.11’de, dumanlanma noktalarına ait bulguları ise çizelge 4.17’de incelemek mümkündür. Kızartma başında en düşük dumanlanma noktasına sahip olan fraksiyon 154 °C ile 7. fraksiyon (MDG) iken, bunu sırasıyla 2. (MDG+sterol; 173 °C), 1. (skualen+MDG+sterol; 174 °C), 5. (SYA; 177 °C), 6. (skualen; 202 °C), 3. (sterol; 230 °C) ve 4. (rafine yağ; 242 °C) fraksiyon izlemektedir. Kızartma sırasında 7. fraksiyonun (MDG) dumanlanma noktası, 4. kızartmaya kadar artarak 190 °C’a ulaşmış, bundan sonra ise azalış göstermiştir. Kızartma sonunda 1.-7. fraksiyonların dumanlanma noktaları sırasıyla 159, 162, 179, 193, 155, 178 ve 172 °C değerlerini almıştır.



Şekil 4.11 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyonun dumanlanma noktalarındaki değişim

Çizelge 4.17 incelendiğinde ise, dumanlanma noktası üzerine etki eden iki faktör olan kızartma sayısı ve yağ fraksiyonları arasındaki interaksiyonun istatistik olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Buna göre, her bir kızartma sayısı için elde edilen değerler incelendiğinde, en yüksek dumanlanma noktaları 4. fraksiyon (rafine yağ) tarafından sergilenirken, en düşük dumanlanma noktası değerlerinin ise 5. fraksiyona

(SYA) ait olduğu tespit edilmiştir. 4. fraksiyondan sonra en y¼ksek değerler 3. fraksiyonda (sterol) belirlenmiştir. Serbest asitler kızartma sırasında ¼rneklerin dumanlanma noktalarını olumsuz y¼nde etkilemişken, bu ¼zellik ¼zerine sterollerin olumlu etkileri olmuştur. Ayrıca her bir fraksiyon i¼in dumanlanma noktaları genel olarak kızartma sayısı arttık¼a d¼řm¼řt¼r (¼izelge 4.17). Che Man vd. (1999) de, 180 °C’da g¼nde 5 saat olmak ¼zere 5 g¼n boyunca palm olein ve soya yağı ile toplam 50 kızartma yapmışlar ve kızartma boyunca yağların dumanlanma noktalarının d¼řt¼ę¼n¼ g¼zlemlemiřlerdir.

¼lkemizde daha ¼nceleri uygulanan ve halen bir¼ok ¼lkede uygulanmakta olan dumanlanma noktası yasal limiti >170 °C olarak belirlenmiştir. Buna g¼re, 40. kızartma sonunda limitin altında kalan yağların 1. (skualen+MDG+sterol), 2. (MDG+sterol) ve 5. (SYA) fraksiyonlar olduğu g¼r¼lmektedir. Diğer yağların dumanlanma noktası değerlerinin ise kızartma sonunda 170 °C’un ¼zerinde olduğu belirlenmiştir. Derin yağda yapılan kızartma işlemlerinde yağın serbest asitliği artmakta ve dumanlanma noktası d¼řmektedir. Elde edilen sonu¼ların, serbest asitlik ve dumanlanma noktası arasındaki bu ters y¼nl¼ ilişkiye de uyum g¼sterdięi s¼ylenebilir.

Çizelge 4.17 Kızartma sırasında yedi farklı fraksiyona ait dumanlanma noktaları (°C) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	174±0.00 ^{Ae}	173±0.00 ^{Ae}	230±0.00 ^{Ab}	242±0.00 ^{Aa}	177±0.00 ^{Ad}	202±0.00 ^{Ac}	154±0.00 ^{Gf}
4	171±0.50 ^{Bf}	171±0.50 ^{Af}	224±1.00 ^{Bb}	234±1.00 ^{Ba}	175±0.00 ^{Ae}	196±1.00 ^{Bc}	190±0.50 ^{Ad}
8	168±0.50 ^{Ce}	167±0.50 ^{Be}	212±0.50 ^{Cb}	226±0.50 ^{Ca}	166±0.50 ^{Be}	191±0.50 ^{Cc}	183±0.50 ^{Bd}
12	165±0.50 ^{DEFef}	167±0.50 ^{Be}	206±0.50 ^{Db}	217±0.00 ^{Da}	163±1.00 ^{Cf}	191±0.50 ^{Cc}	182±2.50 ^{Bd}
16	163±0.50 ^{FGEf}	165±0.50 ^{BCDe}	200±1.00 ^{Eb}	212±1.50 ^{Ea}	162±0.50 ^{Cf}	190±0.00 ^{Cc}	177±1.50 ^{CDd}
20	167±0.50 ^{CDe}	166±0.00 ^{BCe}	196±1.00 ^{Fb}	209±1.00 ^{Fa}	162±0.50 ^{Cf}	187±0.50 ^{DEc}	179±0.00 ^{Cd}
24	164±0.50 ^{EFGe}	163±1.00 ^{De}	190±1.00 ^{Gb}	205±1.50 ^{Ga}	164±2.50 ^{BCe}	186±0.50 ^{Ec}	174±0.50 ^{EFd}
28	166±0.50 ^{CDEd}	165±0.50 ^{BCDd}	191±0.50 ^{Gb}	198±0.50 ^{Ha}	162±1.50 ^{Ce}	189±0.00 ^{CDb}	175±1.00 ^{DEc}
32	161±0.50 ^{He}	163±0.50 ^{De}	183±0.50 ^{Hc}	194±0.50 ^{Ia}	161±1.50 ^{Ce}	187±0.50 ^{DEb}	173±0.50 ^{EFd}
36	162±0.00 ^{GHd}	163±0.00 ^{CDd}	181±0.50 ^{Hlb}	195±0.50 ^{Ia}	164±4.50 ^{BCd}	181±1.50 ^{Fb}	173±0.50 ^{EFc}
40	159±1.00 ^{Ie}	162±1.00 ^{Dd}	179±0.50 ^{Ib}	193±0.50 ^{Ia}	155±1.00 ^{Df}	178±0.50 ^{Gb}	172±0.50 ^{Fc}

^{A-I}: Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-f}: Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.3.8 Yağ asidi bileşimi ve iyot sayılarındaki değişime ilişkin bulgular

Yağ asidi bileşimi, kızartma işlemleri sırasında meydana gelen oksidasyon hızının belirlenmesinde temel faktördür (Rudzińska vd. 2005). Kızartmada kullanılan farklı fraksiyonlara ait yağ asidi bileşimleri ve iyot sayıları ile ilgili araştırma bulguları çizelge 4.18-4.24'te verilmiştir. Her bir fraksiyonun yağ asitleri dağılımı ve iyot sayısı değerleri üzerine kızartma sayısının etkisi $\alpha=0.05$ 'e göre istatistik olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tüm fraksiyonlarda oleik (18:1), linoleik (18:2), linolenik asit (18:3) kızartma boyunca azalmış, palmitik (16:0) ve stearik asitin (18:0) yüzdesi ise artmıştır. Bu artış ve azalışlar üzerine kızartma sayısının etkisinin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Che Man vd. (1999) tarafından yapılan çalışmada, 5 günlük kızartma sonunda yağlardaki 18:1 ve 18:2 miktarının azaldığı, 16:0 ve 18:0 oranının ise arttığı tespit edilmiştir.

18:1'deki değişim oranı 1.-7. fraksiyonlarda, sırasıyla, %2.89, %2.70, %2.84, %3.10, %3.17, %2.51 ve %2.67 değerlerini almıştır. Buna göre 18:1'deki azalma en çok 5. fraksiyonda (SYA), en az ise 6. fraksiyonda (skualen) gerçekleşmiştir. 18:2'deki azalma 4. (rafine yağ), 6. (skualen), 7. (MDG), 2. (MDG+sterol), 3. (sterol), 1. (skualen+MDG+sterol) ve 5. (SYA) fraksiyon sırasıyla, %18.91, %19.61, %19.61, %21.60, %21.62, %22.48 ve %23.04 değişim oranlarıyla gerçekleşmiştir. 18:3 oranındaki düşüş ise 4. (rafine yağ), 6. (skualen), 2. (MDG+sterol), 7. (MDG), 1. (skualen+MDG+sterol), 5. (SYA) ve 3. (sterol) fraksiyon sırasıyla gerçekleşmiş ve %40, %41.10, %41.18, %42.42, %42.86, %44.29, %45.31 değişim oranları tespit edilmiştir.

Pirina yağının temel doymuş yağ asidi olan palmitik asit kızartma boyunca 1.-7. fraksiyonlarda, sırasıyla, %33.86, %32.02, %31.89, %30.33, %33.99, %28.53, %29.58 oranlarında artmıştır. Buna göre 16:0'daki oransal artış en çok 5. fraksiyonda (SYA), en az ise 6. fraksiyonda (skualen) gerçekleşmiştir. 18:0'daki artış oranları ise, aynı sıra ile, %23.36, %15.85, %16.53, %18.25, %19.28, %12.60 ve %15.19 olarak tespit edilmiştir.

Burada da, oransal artışın en çok 1. fraksiyonda (skualen+MDG+sterol), en az ise 6. fraksiyonda (skualen) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.18 Kızartma sırasında 1. fraksiyonun (skualen+MDG+sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2)

1. fraksiyon (Skualen+MDG+Sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı											
Kızartma sayısı	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
14:0	0.01 ^H	0.02 ^G	0.03 ^F	0.03 ^F	0.04 ^E	0.05 ^D	0.06 ^C	0.06 ^C	0.08 ^B	0.08 ^B	0.09 ^A
16:0	10.84 ^G	11.12 ^G	11.60 ^F	12.00 ^E	12.21 ^E	12.68 ^D	13.03 ^C	13.20 ^C	13.78 ^B	14.23 ^A	14.51 ^A
16:1	1.04 ^A	0.92 ^{BC}	1.04 ^A	0.94 ^B	0.91 ^{BCD}	0.93 ^{BC}	0.83 ^{CD}	0.89 ^{BCD}	0.87 ^{BCD}	0.83 ^{CD}	0.81 ^D
17:0	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10
17:1	0.15 ^A	0.15 ^A	0.15 ^A	0.15 ^A	0.14 ^{AB}	0.13 ^B	0.14 ^{AB}	0.14 ^{AB}	0.14 ^{AB}	0.13 ^B	0.14 ^{AB}
18:0	2.44 ^F	2.46 ^F	2.58 ^{EF}	2.65 ^{DE}	2.66 ^{DE}	2.81 ^C	2.82 ^C	2.78 ^{CD}	2.88 ^{BC}	3.03 ^A	3.01 ^{AB}
18:1	72.69 ^{AB}	72.89 ^A	72.29 ^{ABC}	72.24 ^{ABC}	72.29 ^{ABC}	71.54 ^{CD}	71.76 ^{BCD}	71.63 ^{CD}	71.14 ^{DE}	70.43 ^E	70.59 ^E
18:2	11.21 ^A	10.65 ^B	10.50 ^B	10.08 ^C	9.77 ^C	9.75 ^C	9.32 ^D	9.15 ^{DE}	8.92 ^{EF}	9.06 ^{DE}	8.69 ^F
18:3	0.70 ^A	0.63 ^B	0.58 ^C	0.56 ^C	0.50 ^D	0.52 ^D	0.46 ^E	0.45 ^E	0.44 ^E	0.45 ^E	0.40 ^F
20:0	0.39 ^D	0.45 ^C	0.41 ^D	0.45 ^C	0.48 ^{BC}	0.49 ^{AB}	0.51 ^{AB}	0.51 ^{AB}	0.52 ^A	0.52 ^A	0.52 ^A
20:1	0.27	0.28	0.26	0.26	0.30	0.27	0.30	0.31	0.30	0.29	0.28
22:0	0.11 ^D	0.13 ^{BCD}	0.12 ^{CD}	0.13 ^{BCD}	0.15 ^{ABC}	0.16 ^{AB}	0.14 ^{ABCD}	0.15 ^{ABC}	0.15 ^{ABC}	0.17 ^A	0.16 ^{AB}
24:0	0.08 ^H	0.21 ^G	0.34 ^F	0.43 ^{EF}	0.48 ^{DE}	0.58 ^{BCD}	0.55 ^{CD}	0.64 ^{ABC}	0.69 ^{AB}	0.69 ^{AB}	0.71 ^A
İS	88.77 ^A	87.65 ^B	86.81 ^C	85.83 ^D	85.16 ^E	84.51 ^F	83.66 ^G	83.31 ^H	82.38 ^I	81.98 ^J	81.28 ^K

^{A-K}: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

İS: İyot sayısı

Çizelge 4.19 Kızartma sırasında 2. fraksiyonun (MDG+sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2)

2. fraksiyon (MDG+Sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı											
Kızartma sayısı	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
14:0	0.01 ^H	0.02 ^G	0.03 ^F	0.04 ^E	0.04 ^E	0.05 ^D	0.05 ^D	0.06 ^C	0.07 ^B	0.07 ^B	0.08 ^A
16:0	10.62 ^J	11.09 ^I	11.58 ^H	11.93 ^G	12.34 ^F	12.57 ^E	13.06 ^D	13.25 ^C	13.68 ^B	13.54 ^B	14.02 ^A
16:1	0.83	0.83	0.83	0.77	0.81	0.75	0.76	0.76	0.77	0.81	0.81
17:0	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10
17:1	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
18:0	2.46 ^D	2.55 ^{CD}	2.64 ^C	2.64 ^C	2.66 ^{BC}	2.66 ^{BC}	2.60 ^C	2.78 ^{AB}	2.87 ^A	2.81 ^A	2.85 ^A
18:1	73.37 ^A	73.19 ^A	72.81 ^{BC}	72.84 ^B	72.51 ^{CD}	72.35 ^{DE}	72.08 ^{EF}	71.89 ^{FG}	71.37 ^H	71.72 ^G	71.39 ^H
18:2	10.88 ^A	10.46 ^B	10.27 ^C	9.89 ^D	9.68 ^E	9.54 ^F	9.27 ^G	9.21 ^G	8.94 ^H	8.81 ^I	8.53 ^J
18:3	0.68 ^A	0.62 ^B	0.58 ^C	0.56 ^D	0.52 ^E	0.49 ^F	0.45 ^G	0.44 ^{GH}	0.43 ^H	0.43 ^{GH}	0.40 ^I
20:0	0.43 ^C	0.44 ^{BC}	0.44 ^{BC}	0.46 ^{AB}	0.47 ^A	0.47 ^A	0.47 ^A	0.46 ^{AB}	0.47 ^A	0.48 ^A	0.44 ^C
20:1	0.30	0.29	0.30	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.30	0.31	0.28
22:0	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.15	0.16	0.14	0.15
24:0	0.07 ^G	0.18 ^F	0.19 ^F	0.23 ^F	0.29 ^E	0.43 ^D	0.59 ^C	0.48 ^D	0.70 ^B	0.68 ^B	0.82 ^A
İS	88.54 ^A	87.44 ^B	86.65 ^C	85.88 ^D	85.16 ^E	84.63 ^F	83.80 ^G	83.48 ^H	82.51 ^I	82.61 ^I	81.72 ^J

^{A-J}: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

İS: İyot sayısı

Çizelge 4.20 Kızartma sırasında 3. fraksiyonun (sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2)

3. fraksiyon (Sterol) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı											
Kızartma sayısı	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
14:0	0.01 ^G	0.02 ^F	0.03 ^E	0.03 ^E	0.04 ^D	0.04 ^D	0.05 ^C	0.05 ^C	0.07 ^B	0.07 ^B	0.08 ^A
16:0	10.85 ^H	11.35 ^G	11.77 ^F	11.89 ^F	12.36 ^E	12.54 ^E	13.02 ^D	13.71 ^{BC}	13.52 ^C	13.92 ^B	14.31 ^A
16:1	0.73 ^C	0.75 ^{BC}	0.74 ^{BC}	0.78 ^{ABC}	0.75 ^{BC}	0.79 ^{AB}	0.74 ^{BC}	0.83 ^A	0.74 ^{BC}	0.75 ^{BC}	0.73 ^C
17:0	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09
17:1	0.14 ^A	0.14 ^A	0.14 ^A	0.14 ^A	0.14 ^A	0.14 ^A	0.14 ^A	0.13 ^B	0.12 ^C	0.12 ^C	0.12 ^C
18:0	2.42 ^F	2.51 ^E	2.57 ^{DE}	2.55 ^{DE}	2.58 ^{DE}	2.63 ^{CD}	2.71 ^{BC}	2.68 ^C	2.78 ^{AB}	2.83 ^A	2.82 ^A
18:1	73.54 ^A	73.17 ^B	72.99 ^{BCD}	73.05 ^{BC}	72.81 ^{CD}	72.68 ^{DE}	72.37 ^{EF}	71.81 ^{GH}	72.06 ^{FG}	71.67 ^{HI}	71.45 ^I
18:2	10.64 ^A	10.31 ^B	10.05 ^C	9.79 ^D	9.52 ^E	9.34 ^F	9.13 ^G	8.92 ^H	8.73 ^I	8.59 ^J	8.34 ^K
18:3	0.64 ^A	0.59 ^B	0.55 ^C	0.52 ^D	0.48 ^E	0.46 ^F	0.43 ^G	0.40 ^H	0.39 ^{HI}	0.38 ^I	0.35 ^J
20:0	0.43	0.44	0.44	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46	0.48	0.47	0.45
20:1	0.32	0.32	0.32	0.34	0.32	0.34	0.32	0.31	0.34	0.33	0.29
22:0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12
24:0	0.09 ^H	0.19 ^G	0.19 ^G	0.23 ^G	0.33 ^F	0.37 ^{EF}	0.42 ^E	0.48 ^D	0.57 ^C	0.68 ^B	0.85 ^A
İS	88.08 ^A	87.03 ^B	86.28 ^C	85.82 ^D	84.98 ^E	84.53 ^F	83.73 ^G	82.86 ^H	82.64 ^I	81.98 ^J	81.23 ^K

^{A-K}: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

İS: İyot sayısı

Çizelge 4.21 Kızartma sırasında 4. fraksiyonun (rafine yağ) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2)

4. fraksiyon (Rafine yağ) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı											
Kızartma sayısı	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
14:0	0.01 ^I	0.02 ^H	0.03 ^G	0.04 ^F	0.05 ^E	0.05 ^E	0.06 ^D	0.07 ^C	0.08 ^B	0.08 ^B	0.09 ^A
16:0	10.88 ^H	10.98 ^H	11.51 ^G	11.99 ^F	12.36 ^E	12.50 ^E	12.87 ^D	13.21 ^C	13.63 ^B	13.73 ^B	14.18 ^A
16:1	0.79 ^A	0.75 ^B	0.75 ^B	0.75 ^B	0.74 ^B	0.73 ^B	0.73 ^B	0.75 ^B	0.73 ^B	0.73 ^B	0.73 ^B
17:0	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
17:1	0.14	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.13	0.13	0.13	0.12
18:0	2.52 ^G	2.63 ^F	2.63 ^F	2.71 ^{EF}	2.74 ^{DE}	2.82 ^{CD}	2.87 ^{BC}	2.86 ^C	2.95 ^{AB}	2.82 ^{CD}	2.98 ^A
18:1	73.55 ^{AB}	73.64 ^A	73.34 ^B	72.93 ^C	72.75 ^{CD}	72.60 ^{DE}	72.43 ^E	72.11 ^F	71.59 ^G	71.77 ^G	71.27 ^H
18:2	10.26 ^A	10.02 ^B	9.76 ^C	9.51 ^D	9.25 ^E	9.10 ^F	8.89 ^G	8.80 ^G	8.58 ^H	8.57 ^H	8.32 ^I
18:3	0.70 ^A	0.66 ^B	0.61 ^C	0.58 ^D	0.53 ^E	0.52 ^E	0.49 ^F	0.48 ^F	0.45 ^G	0.44 ^G	0.42 ^H
20:0	0.47 ^C	0.48 ^{BC}	0.48 ^{BC}	0.49 ^{ABC}	0.48 ^{BC}	0.49 ^{ABC}	0.49 ^{BC}	0.50 ^{AB}	0.51 ^A	0.49 ^{ABC}	0.51 ^A
20:1	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.32	0.32	0.33	0.34	0.33	0.34
22:0	0.14 ^C	0.14 ^C	0.14 ^C	0.15 ^{BC}	0.15 ^{BC}	0.15 ^{BC}	0.15 ^{BC}	0.16 ^{AB}	0.15 ^{BC}	0.16 ^{AB}	0.17 ^A
24:0	0.11 ^G	0.13 ^G	0.20 ^F	0.31 ^E	0.41 ^D	0.50 ^C	0.52 ^C	0.53 ^C	0.79 ^A	0.66 ^B	0.79 ^A
İS	87.64 ^A	87.14 ^B	86.26 ^C	85.36 ^D	84.57 ^E	84.13 ^F	83.49 ^G	83.04 ^H	82.09 ^I	82.21 ^I	81.25 ^J

^{A-J}: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

İS: İyot sayısı

Çizelge 4.22 Kızartma sırasında 5. fraksiyonun (SYA) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2)

5. fraksiyon (SYA) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı											
Kızartma sayısı	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
14:0	0.01 ^I	0.02 ^H	0.03 ^G	0.04 ^F	0.05 ^E	0.05 ^E	0.06 ^D	0.06 ^D	0.07 ^C	0.08 ^B	0.09 ^A
16:0	10.62 ^H	11.10 ^G	11.55 ^F	12.00 ^E	12.31 ^E	12.66 ^D	13.08 ^C	13.48 ^B	13.68 ^B	13.71 ^B	14.23 ^A
16:1	0.77	0.81	0.78	0.76	0.77	0.75	0.75	0.75	0.76	0.75	0.75
17:0	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
17:1	0.13 ^A	0.12 ^B	0.12 ^B	0.13 ^A	0.12 ^B	0.12 ^B	0.12 ^B	0.12 ^B	0.12 ^B	0.11 ^C	0.12 ^B
18:0	2.49 ^E	2.57 ^{DE}	2.64 ^{CD}	2.69 ^C	2.72 ^C	2.62 ^{CD}	2.87 ^{AB}	2.84 ^B	2.89 ^{AB}	2.92 ^{AB}	2.97 ^A
18:1	73.88 ^A	73.56 ^{AB}	73.36 ^{BC}	73.11 ^{CD}	72.93 ^D	72.84 ^D	72.28 ^E	72.18 ^E	72.08 ^E	71.95 ^E	71.54 ^F
18:2	10.33 ^A	9.95 ^B	9.65 ^C	9.28 ^D	9.03 ^E	8.86 ^F	8.57 ^G	8.41 ^H	8.22 ^I	8.15 ^J	7.95 ^K
18:3	0.70 ^A	0.64 ^B	0.60 ^C	0.56 ^D	0.52 ^E	0.49 ^F	0.47 ^G	0.44 ^H	0.42 ^I	0.42 ^I	0.39 ^J
20:0	0.45 ^D	0.48 ^C	0.48 ^C	0.50 ^B	0.50 ^B	0.50 ^B	0.52 ^A	0.50 ^B	0.50 ^B	0.52 ^A	0.52 ^A
20:1	0.34	0.34	0.35	0.35	0.34	0.34	0.35	0.34	0.33	0.36	0.35
22:0	0.13 ^D	0.15 ^{BC}	0.14 ^{CD}	0.14 ^{CD}	0.16 ^{AB}	0.15 ^{BC}	0.17 ^A	0.16 ^{AB}	0.17 ^A	0.15 ^{BC}	0.16 ^{AB}
24:0	0.08 ^H	0.20 ^G	0.23 ^G	0.36 ^F	0.48 ^E	0.56 ^D	0.69 ^C	0.66 ^C	0.70 ^C	0.81 ^B	0.86 ^A
İS	88.04 ^A	86.94 ^B	86.08 ^C	85.06 ^D	84.33 ^E	83.86 ^F	82.76 ^G	82.32 ^H	81.81 ^I	81.60 ^I	80.79 ^J

^{A-K}: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

İS: İyot sayısı

Çizelge 4.23 Kızartma sırasında 6. fraksiyonun (skualen) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2)

6. fraksiyon (Skualen) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı											
Kızartma sayısı	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
14:0	0.01 ^H	0.02 ^G	0.03 ^F	0.03 ^F	0.04 ^E	0.05 ^D	0.06 ^C	0.06 ^C	0.07 ^B	0.07 ^B	0.08 ^A
16:0	10.83 ^G	11.31 ^F	11.53 ^F	12.15 ^E	12.38 ^{DE}	12.56 ^D	12.98 ^C	13.12 ^C	13.52 ^B	13.48 ^B	13.92 ^A
16:1	0.77	0.77	0.75	0.76	0.76	0.77	0.77	0.75	0.74	0.72	0.74
17:0	0.07 ^C	0.08 ^B	0.07 ^C	0.08 ^B	0.08 ^B	0.08 ^B	0.08 ^B	0.08 ^B	0.08 ^B	0.09 ^A	0.09 ^A
17:1	0.12	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
18:0	2.62 ^F	2.71 ^E	2.78 ^D	2.76 ^{DE}	2.77 ^D	2.80 ^D	2.87 ^C	2.86 ^C	2.90 ^{BC}	2.96 ^A	2.95 ^{AB}
18:1	73.45 ^A	73.19 ^{AB}	73.00 ^{BC}	72.60 ^D	72.73 ^{CD}	72.51 ^{DE}	72.17 ^E	72.17 ^E	71.80 ^F	71.72 ^F	71.61 ^F
18:2	10.35 ^A	10.00 ^B	9.78 ^C	9.53 ^D	9.29 ^E	9.15 ^F	8.93 ^G	8.75 ^H	8.57 ^I	8.56 ^I	8.32 ^J
18:3	0.73 ^A	0.68 ^B	0.64 ^C	0.60 ^D	0.56 ^E	0.53 ^F	0.50 ^G	0.49 ^G	0.46 ^H	0.46 ^H	0.43 ^I
20:0	0.47 ^{BC}	0.46 ^C	0.50 ^A	0.48 ^B	0.48 ^B	0.48 ^B	0.50 ^A	0.48 ^B	0.50 ^A	0.51 ^A	0.50 ^A
20:1	0.34	0.31	0.34	0.32	0.32	0.33	0.34	0.33	0.34	0.34	0.33
22:0	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17
24:0	0.09 ^J	0.20 ^I	0.29 ^H	0.41 ^F	0.31 ^G	0.46 ^E	0.53 ^D	0.62 ^C	0.75 ^B	0.82 ^A	0.75 ^B
İS	87.77 ^A	86.74 ^B	86.09 ^C	85.14 ^D	84.71 ^E	84.19 ^F	83.43 ^G	83.04 ^H	82.30 ^I	82.20 ^I	81.59 ^J

^{A-J}: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

İS: İyot sayısı

Çizelge 4.24 Kızartma sırasında 7. fraksiyonun (MDG) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısındaki değişim (%) (n=2)

7. fraksiyon (MDG) yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı											
Kızartma sayısı	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
14:0	0.01 ^G	0.02 ^F	0.02 ^F	0.03 ^E	0.04 ^D	0.04 ^D	0.05 ^C	0.05 ^C	0.06 ^B	0.06 ^B	0.07 ^A
16:0	10.48 ^J	10.81 ^I	11.11 ^H	11.58 ^G	11.95 ^F	12.17 ^E	12.59 ^D	12.82 ^C	13.24 ^B	13.20 ^B	13.58 ^A
16:1	0.93	0.93	0.98	0.90	0.97	0.93	0.92	0.93	0.92	1.03	0.95
17:0	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
17:1	0.12 ^A	0.12 ^A	0.12 ^A	0.12 ^A	0.11 ^B	0.12 ^A	0.12 ^A	0.11 ^B	0.11 ^B	0.11 ^B	0.11 ^B
18:0	2.37 ^F	2.40 ^{EF}	2.46 ^{DEF}	2.57 ^{BCD}	2.51 ^{CDE}	2.59 ^{BCD}	2.64 ^{ABC}	2.65 ^{AB}	2.65 ^{AB}	2.67 ^{AB}	2.73 ^A
18:1	74.08 ^A	73.85 ^B	73.59 ^C	73.25 ^D	73.16 ^{DE}	73.01 ^{EF}	72.79 ^{FG}	72.57 ^{GH}	72.35 ^{HI}	72.25 ^{IJ}	72.10 ^J
18:2	10.30 ^A	10.07 ^B	9.87 ^C	9.57 ^D	9.26 ^E	9.10 ^F	8.88 ^G	8.74 ^H	8.52 ^I	8.48 ^I	8.28 ^J
18:3	0.66 ^A	0.62 ^B	0.57 ^C	0.55 ^C	0.49 ^D	0.49 ^D	0.47 ^{DE}	0.45 ^E	0.41 ^F	0.39 ^{FG}	0.38 ^G
20:0	0.43 ^D	0.44 ^{CD}	0.44 ^{CD}	0.47 ^{AB}	0.47 ^{AB}	0.46 ^{BC}	0.47 ^{AB}	0.49 ^A	0.49 ^A	0.49 ^A	0.48 ^{AB}
20:1	0.32 ^E	0.34 ^{CDE}	0.33 ^{DE}	0.36 ^{ABC}	0.38 ^A	0.36 ^{ABC}	0.33 ^{DE}	0.36 ^{ABC}	0.37 ^{AB}	0.36 ^{ABC}	0.35 ^{BCD}
22:0	0.15 ^C	0.17 ^A	0.15 ^C	0.15 ^C	0.15 ^C	0.15 ^C	0.15 ^C	0.15 ^C	0.16 ^B	0.16 ^B	0.16 ^B
24:0	0.08 ^J	0.16 ^I	0.29 ^H	0.40 ^G	0.44 ^F	0.50 ^E	0.52 ^D	0.60 ^C	0.65 ^B	0.73 ^A	0.74 ^A
İS	88.19 ^A	87.48 ^B	86.79 ^C	85.82 ^D	85.13 ^E	84.65 ^F	83.97 ^G	83.49 ^H	82.77 ^I	82.68 ^I	82.05 ^J

^{A-J} : Aynı satırda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

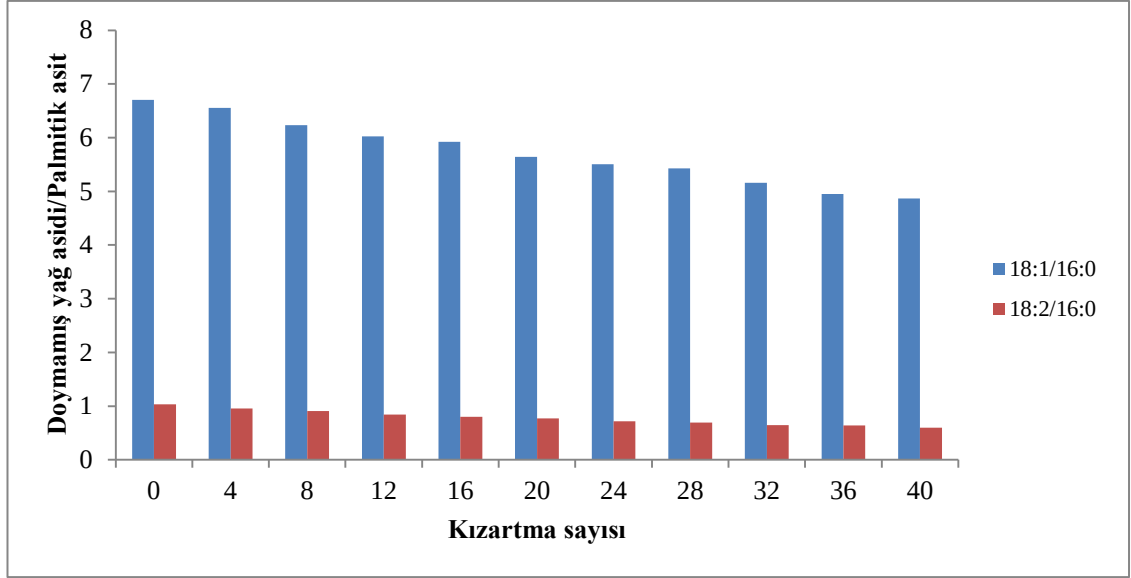
Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

İS: İyot sayısı

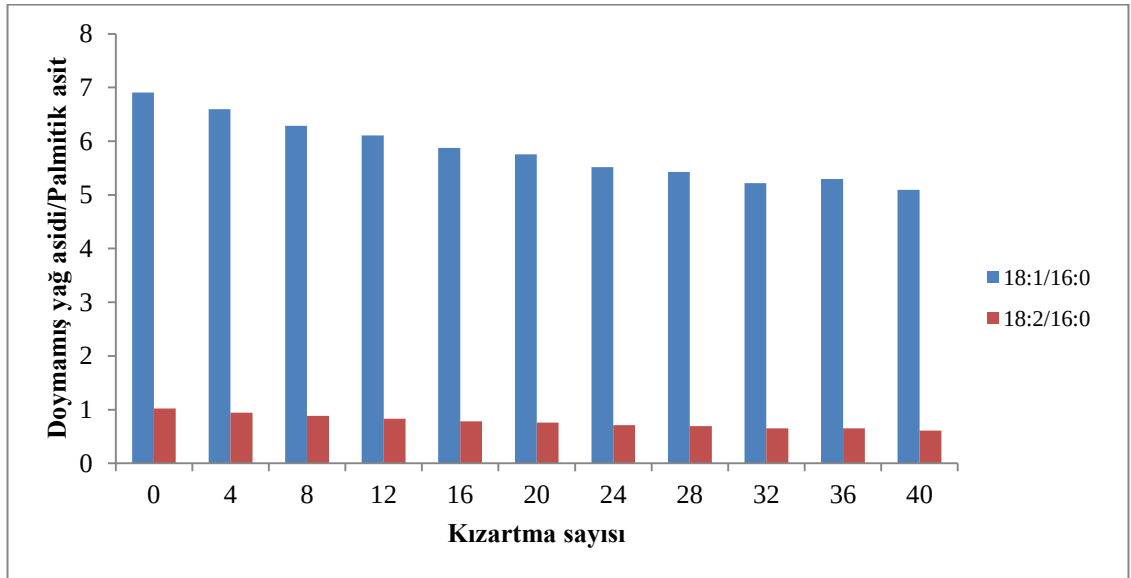
Kızartmada kullanılan her yağ fraksiyonu için 18:1 ve 18:2'nin 16:0'a oranlarının kızartma boyunca değişimi şekil 4.12-4.18'de verilmiştir. Tüm fraksiyonlarda 18:1/16:0 ve 18:2/16:0 oranları kızartma boyunca azalmıştır. 18:1/16:0 oranındaki azalma 1.-7. fraksiyonlarda, sırasıyla, %27.31, %26.34, %26.40, %25.59, %27.73, %24.30, %24.89 değerlerini almıştır. 18:2/16:0 oranındaki değişim ise, aynı sırayla, %41.75, %40.20, %40.82, %37.23, %42.27, %37.50 ve %37.76 olarak belirlenmiştir. Aladedunye ve Przybylski (2009) tarafından, 18:2/16:0 oranının, kızartma sırasında çoklu doymamış yağ asitlerinde meydana gelen bozulmanın tespitinde indikatör olarak kullanılabileceği bildirilmiştir. 18:1/16:0 ve 18:2/16:0 oranlarındaki azalma, sırasıyla, en az 6. (skualen) ve 4. (rafine yağ) fraksiyonlarda gözlenirken, en fazla 5. fraksiyonda (SYA) tespit edilmiştir.

Houhoula vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada, pamuk yağı 12 saat boyunca 5 farklı sıcaklıkta (155, 165, 175, 185, 195 °C) kızartma işlemlerine tabi tutulmuş ve yağda kızartma sırasında meydana gelen termooksidatif değişimler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 185 °C'da gerçekleştirilen kızartma işleminde, kızartma sayısındaki artışa bağlı olarak, yağın 18:1 ve 18:2 içeriğinde düşüş, 16:0 içeriğinde ise artış tespit edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca 18:2/16:0 oranının 2.39'dan 2.03'e düştüğü belirtilmiştir. Aladedunye ve Przybylski (2009) ise, kanola yağı ile 185 ve 215 °C'da 49 saat boyunca yaptıkları kızartma işlemleri sonucunda, 18:2/16:0 oranının, sırasıyla, 4.73'ten 3.87'ye ve 4.28'den 3.23'e düştüğünü rapor etmişlerdir.

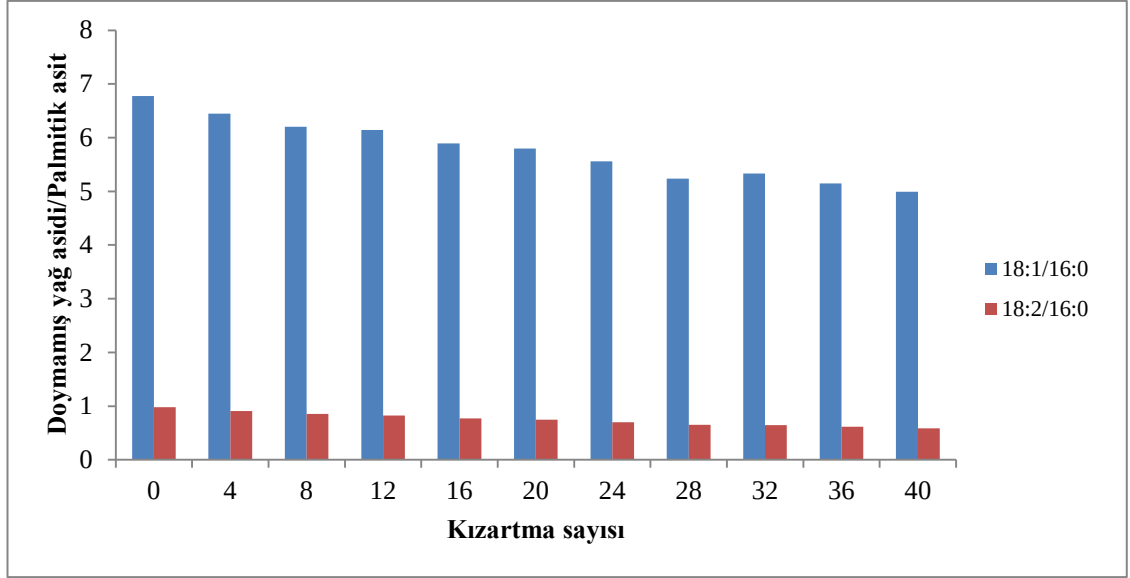
Yağların doymamışlık derecesini gösteren İS'nin farklı yağ fraksiyonlarında gerçekleştirilen kızartma boyunca değişimi şekil 4.19'da verilmiştir. Şekil 4.19'dan görüldüğü üzere, tüm fraksiyonlarda kızartma boyunca İS düşmüştür. İS'deki bu düşüş üzerine kızartma sayısının etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.18-4.24). İS, özellikle derin kızartma sırasında meydana gelen oksidasyon tepkimelerinde çift bağların parçalanması sonucu azalmaktadır (Alireza vd. 2010).



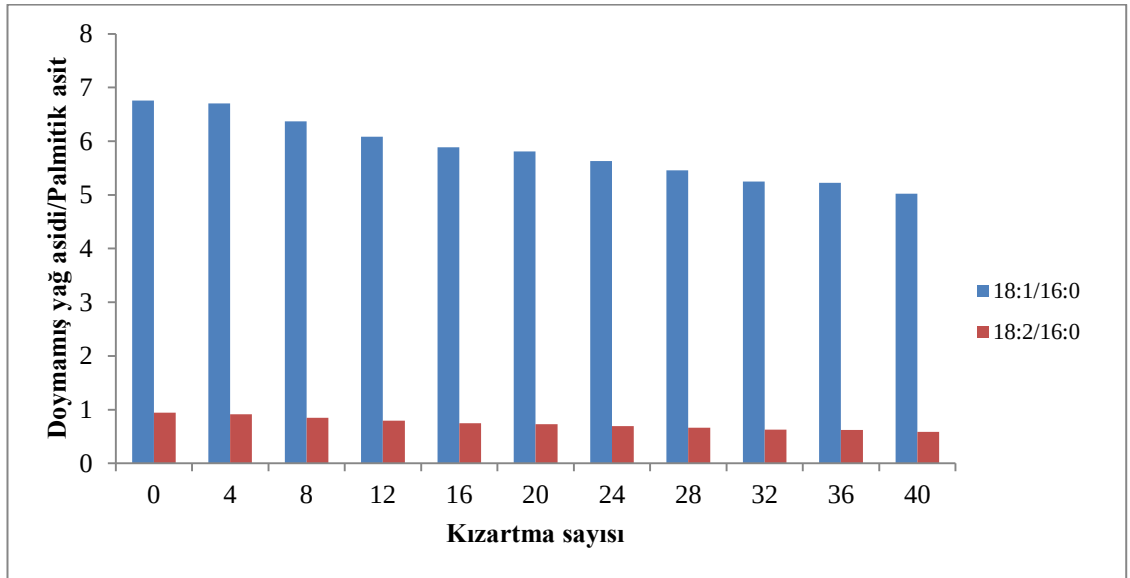
Şekil 4.12 Kızartma sırasında 1. fraksiyonun (skualen+MDG+sterol) doymamış yağ asitlerindeki değişim



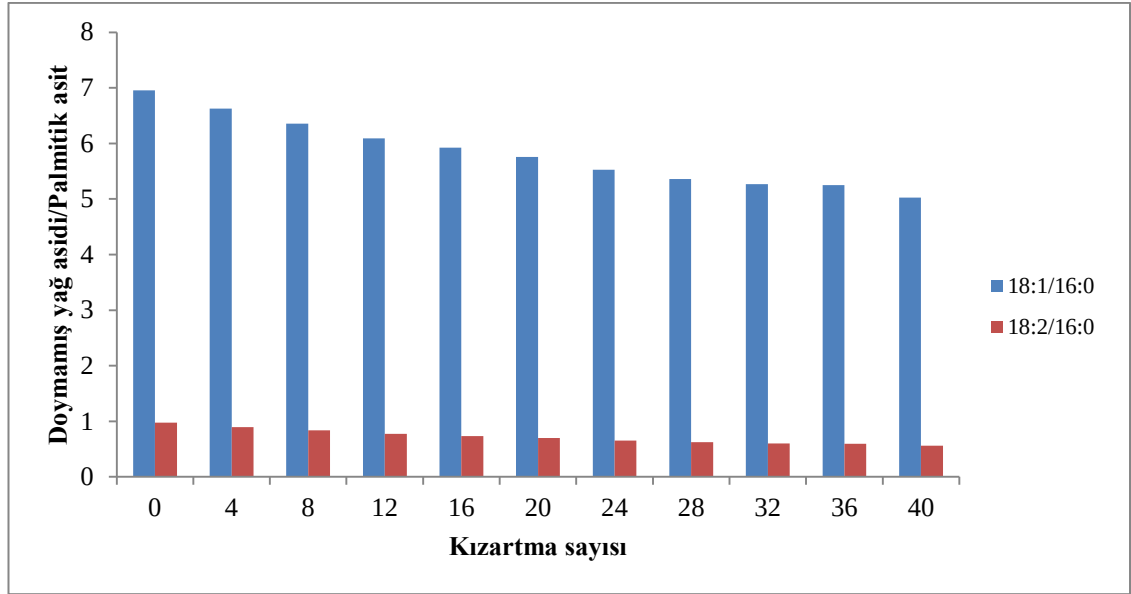
Şekil 4.13 Kızartma sırasında 2. fraksiyonun (MDG+sterol) doymamış yağ asitlerindeki değişim



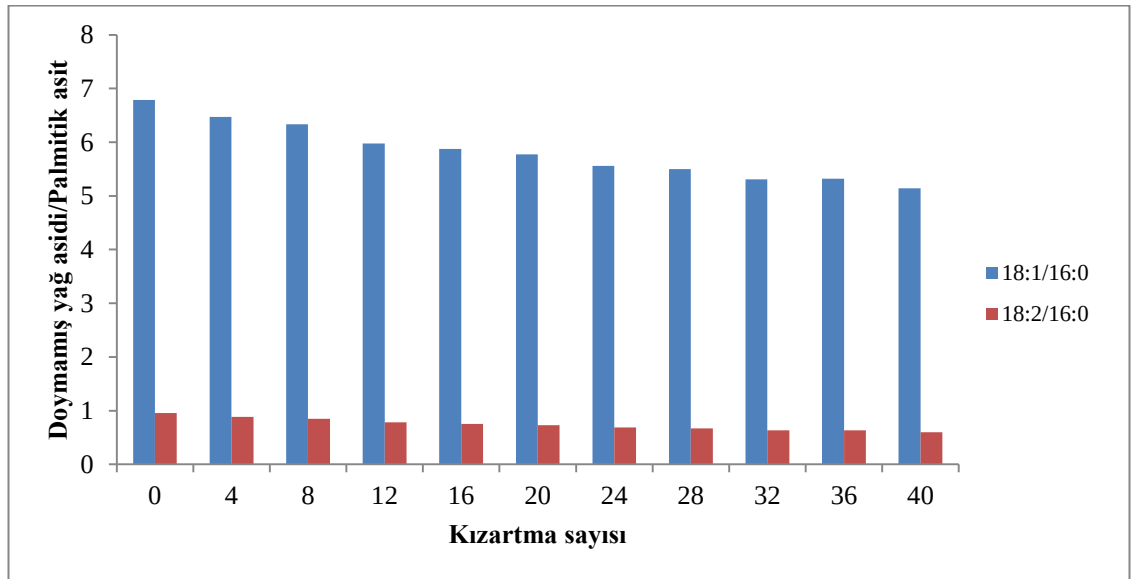
Şekil 4.14 Kızartma sırasında 3. fraksiyonun (sterol) doymamış yağ asitlerindeki değişim



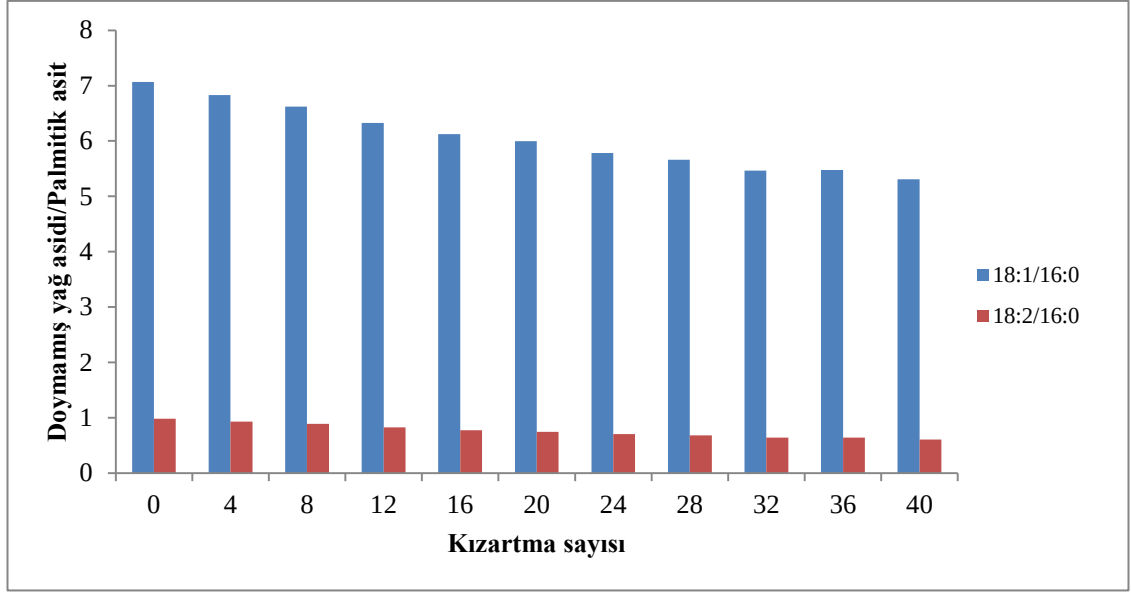
Şekil 4.15 Kızartma sırasında 4. fraksiyonun (rafine yağ) doymamış yağ asitlerindeki değişim



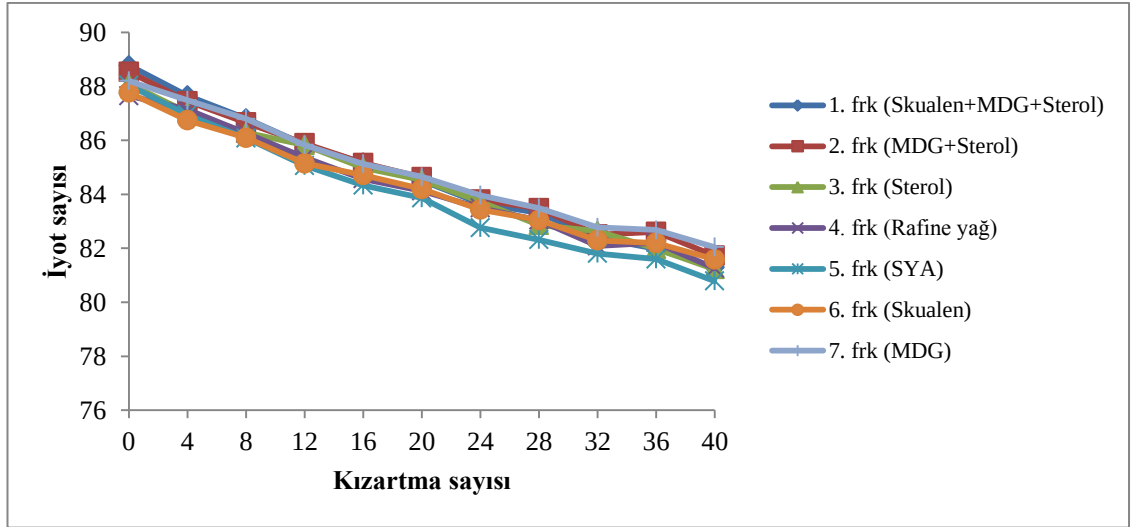
Şekil 4.16 Kızartma sırasında 5. fraksiyonun (SYA) doymamış yağ asitlerindeki değişim



Şekil 4.17 Kızartma sırasında 6. fraksiyonun (skualen) doymamış yağ asitlerindeki değişim



Şekil 4.18 Kızartma sırasında 7. fraksiyonun (MDG) doymamış yağ asitlerindeki değişim



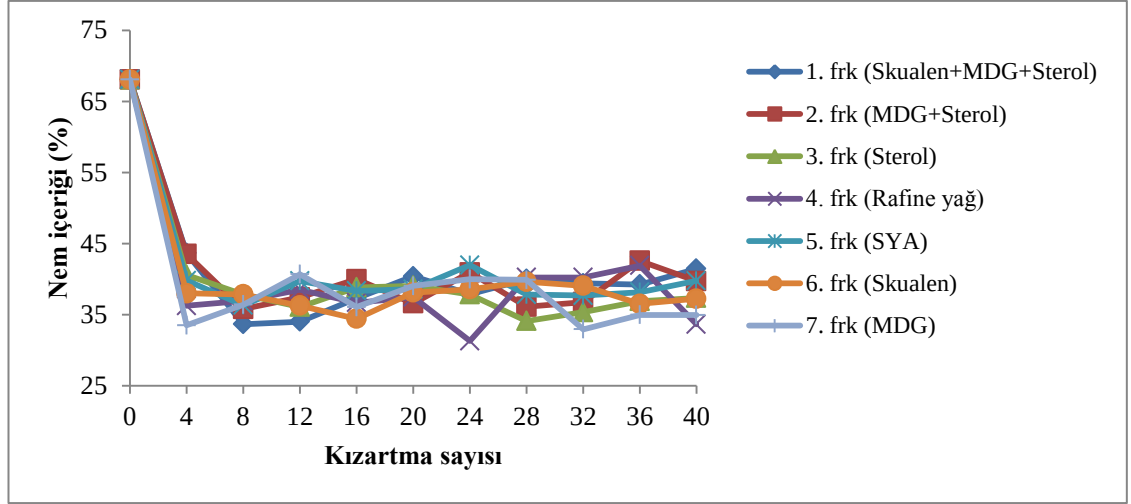
Şekil 4.19 Kızartma sırasında farklı fraksiyonların iyot sayılarındaki değişim

4.4 Kızartma Süresince Patateslerin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler

4.4.1 Patateslerin nem içeriğindeki değişim

Kızartma süresince patateslerin nem içeriklerindeki değişim şekil 4.20’de, kızartma periyodu boyunca elde edilen nem içerikleri ise çizelge 4.25’te verilmiştir. Patateslerin nem oranı ilk 4 kızartma sonunda önemli düzeyde bir düşüş gösterdikten sonra, 40. kızartma sonuna kadar nispeten sabit kalmıştır (Şekil 4.20). Buna göre, kızartmanın ilerlemesiyle birlikte yağ kullanım sıklığındaki artışın, patateslerin nem içeriği üzerine bir etkisinin olmadığı düşünülebilir. Baumann ve Escher (1995), patateslerin neminin, pratikte, kızartma işleminin 2.-4. dk’ları arasında uzaklaştığını ve bu hızlı kurumanın son ürünün arzu edilen yapısal ve tekstürel özelliklerinin sağlanması açısından önemli olduğunu bildirmişlerdir. Krokida vd. (2000) de, kızartma sırasında meydana gelen nem kaybı üzerine, kızartma süre ve sıcaklığının etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma kapsamında, patateslerin nem içeriği üzerine etki eden iki faktör (yağ fraksiyonu ve kızartma sayısı) arasındaki interaksiyon istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kızartma başında %68.08 nem içeriğine sahip olan patatesler, kızartma sonunda 1.-7. fraksiyonlardaki yağ örneklerinin kullanımında sırasıyla %41.45, %39.70, %37.35, %33.62, %39.77, %37.24 ve %34.94 nem içeriğine sahip olmuşlardır (Çizelge 4.25). Patateslerdeki nem kaybı ise aynı sıra ile %39.12, %41.69, %45.14, %50.62, %41.58, %45.30, %48.68 değerlerini almıştır. Buna göre, nem kaybı en çok 4. (rafine yağ) ve 7. (MDG) fraksiyonlarda kızartılan patateslerde tespit edilirken, en az 1. (skualen+MDG+sterol), 2. (MDG+sterol) ve 5. (SYA) fraksiyonda kızartılanlarda gözlenmiştir.



Şekil 4.20 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin nem içeriğindeki değişim

Çizelge 4.25 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin nem içerikleri (%) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	68.08±0.00 ^{Aa}	68.08±0.00 ^{Aa}	68.08±0.00 ^{Aa}	68.08±0.00 ^{Aa}	68.08±0.00 ^{Aa}	68.08±0.00 ^{Aa}	68.08±0.00 ^{Aa}
4	43.66±1.53 ^{Ba}	43.51±0.19 ^{Ba}	40.58±0.40 ^{Bab}	36.24±0.85 ^{CDbc}	39.80±1.86 ^{BCab}	38.00±0.85 ^{BCb}	33.49±0.80 ^{Dc}
8	33.66±1.40 ^{Da}	35.79±1.74 ^{Da}	37.84±0.08 ^{BCDa}	36.92±0.01 ^{CDa}	36.32±2.53 ^{Ca}	37.85±3.63 ^{BCa}	36.41±1.07 ^{BCDa}
12	34.01±0.85 ^{Db}	37.42±0.22 ^{CDab}	36.09±0.30 ^{BCDab}	38.53±0.45 ^{BCab}	39.72±1.92 ^{BCa}	36.27±1.08 ^{BCab}	40.69±2.11 ^{Ba}
16	37.28±0.38 ^{CDab}	39.97±0.61 ^{BCDa}	38.84±1.21 ^{BCDab}	36.67±4.82 ^{CDab}	38.34±4.15 ^{BCab}	34.41±0.89 ^{Cb}	36.06±0.43 ^{BCDab}
20	40.39±0.63 ^{BCa}	36.58±1.70 ^{CDa}	39.06±1.87 ^{BCa}	37.47±3.11 ^{BCDa}	38.58±2.20 ^{BCa}	38.12±0.00 ^{BCa}	39.04±1.48 ^{BCa}
24	37.89±1.75 ^{CDa}	40.92±0.63 ^{BCa}	37.85±1.56 ^{BCDa}	31.29±2.94 ^{Eb}	41.95±1.54 ^{Ba}	38.55±0.16 ^{BCa}	39.99±0.78 ^{Ba}
28	39.99±0.61 ^{BCa}	36.10±1.48 ^{Dab}	34.10±4.45 ^{Db}	40.23±1.77 ^{BCa}	37.82±0.85 ^{BCab}	39.62±0.01 ^{Ba}	39.89±0.90 ^{Ba}
32	39.40±0.36 ^{BCab}	36.75±0.82 ^{CDabc}	35.33±0.70 ^{CDbc}	40.23±0.89 ^{BCa}	37.69±0.63 ^{BCab}	39.06±0.71 ^{BCab}	32.93±2.10 ^{Dc}
36	39.25±1.39 ^{BCab}	42.57±0.87 ^{Ba}	36.89±0.51 ^{BCDb}	41.90±0.87 ^{Ba}	38.15±1.12 ^{BCab}	36.51±0.05 ^{BCb}	34.96±0.54 ^{CDb}
40	41.45±0.54 ^{BCa}	39.70±0.68 ^{BCDa}	37.35±2.32 ^{BCDab}	33.62±2.71 ^{DEb}	39.77±1.96 ^{BCa}	37.24±0.21 ^{BCab}	34.94±0.18 ^{CDb}

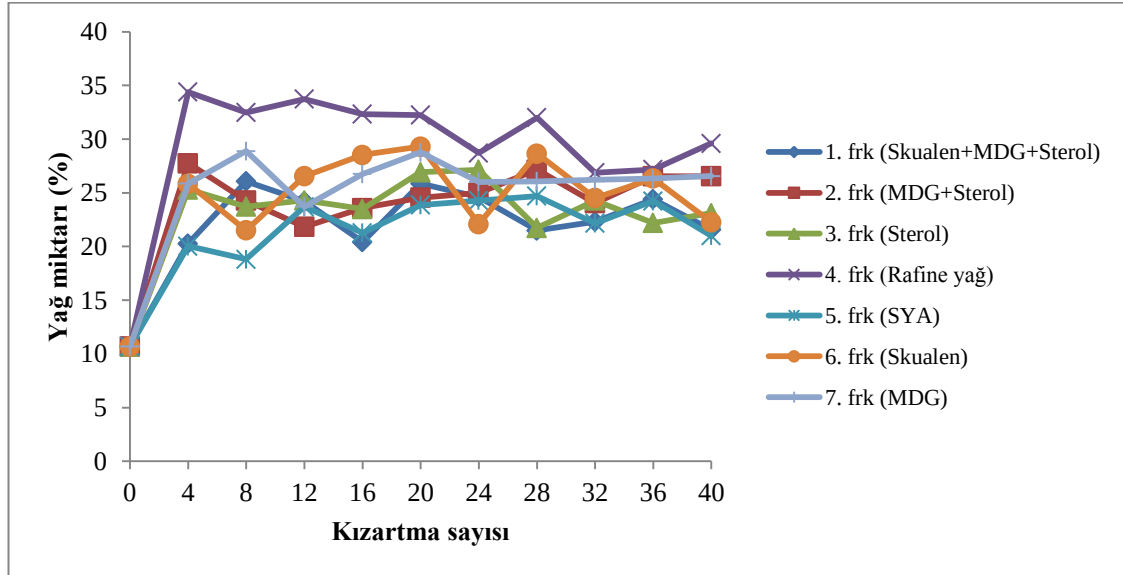
^{A-E} : Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-c} : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.4.2 Patateslerin yağ içeriğindeki değişim

Farklı yağ fraksiyonları kullanılarak kızartılan patateslerin kızartma süresince yağ içeriklerindeki değişim şekil 4.21’de verilmiştir. Buna göre tüm fraksiyonlarda patateslerin yağ miktarları ilk 4 kızartma sonunda önemli düzeyde artmıştır. Bundan sonra dalgalanmalar görülse de nispeten sabit kaldığı söylenebilir. Krokida vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada da, kızartma boyunca patateslerin yağ içeriğinin önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Patateslerin yağ değerleri için “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Her bir yağ fraksiyonunda ve her bir kızartma sayısı seviyesinde örneklerin yağ içeriklerine ilişkin veriler çizelge 4.26’da verilmiştir. Her bir kızartma sayısında, minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyonla (rafine yağ) kızartılan patatesler diğer fraksiyonlarla kızartılanlara kıyasla daha fazla yağ çekmişlerdir ($p<0.05$). 4. fraksiyonla kızartılan patatesler, aynı zamanda en fazla nem kaybeden patateslerdir. Bu durum, kızartma sırasında, gıdadan uzaklaşan suyun oluşturduğu boşlukların yağ tarafından doldurulmasıyla açıklanabilir. Bunun yanı sıra, genel olarak bakıldığında, en az yağ çeken patateslerin 5. fraksiyonla (SYA) kızartılanlar olduğu söylenebilir (Çizelge 4.26).



Şekil 4.21 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin yağ içeriğindeki değişim

Çizelge 4.26 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin yağ içerikleri (%) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	10.70±0.00 ^{Da}	10.70±0.00 ^{Da}	10.70±0.00 ^{Da}	10.70±0.00 ^{Ea}	10.70±0.00 ^{Da}	10.70±0.00 ^{Da}	10.70±0.00 ^{Ca}
4	20.28±0.83 ^{Cc}	27.76±0.53 ^{Ab}	25.31±0.00 ^{ABCb}	34.38±0.09 ^{Aa}	20.03±0.00 ^{Cc}	25.84±0.03 ^{ABb}	25.87±1.31 ^{ABb}
8	26.08±1.33 ^{Abc}	24.28±0.42 ^{ABCcd}	23.72±0.00 ^{ABCcd}	32.48±1.09 ^{ABa}	18.81±0.00 ^{Ce}	21.51±0.00 ^{Cde}	28.90±1.78 ^{Ab}
12	24.20±0.82 ^{ABbc}	21.84±0.72 ^{Cc}	24.29±0.08 ^{ABCb}	33.73±1.35 ^{Aa}	23.71±0.20 ^{ABbc}	26.55±0.00 ^{ABb}	23.72±0.31 ^{Bbc}
16	20.43±2.62 ^{Cd}	23.59±0.94 ^{BCd}	23.49±0.83 ^{BCcd}	32.34±1.54 ^{ABa}	21.27±0.00 ^{ABCd}	28.54±0.00 ^{Ab}	26.76±0.58 ^{ABbc}
20	25.87±0.00 ^{Ac}	24.56±0.00 ^{ABCd}	26.93±0.00 ^{ABbcd}	32.24±0.36 ^{ABa}	23.86±0.84 ^{ABd}	29.32±1.16 ^{Aab}	28.77±0.52 ^{Abc}
24	24.61±0.83 ^{ABbc}	25.00±0.00 ^{ABCbc}	27.15±0.54 ^{Aab}	28.70±0.78 ^{CDa}	24.29±0.00 ^{ABbc}	22.09±0.00 ^{Cc}	26.02±0.00 ^{ABab}
28	21.50±0.00 ^{BCd}	27.16±0.00 ^{ABbc}	21.73±0.00 ^{Cd}	32.00±1.01 ^{ABCa}	24.70±1.73 ^{Ac}	28.65±0.86 ^{Ab}	26.08±1.65 ^{ABbc}
32	22.31±0.00 ^{BCb}	24.04±0.26 ^{BCab}	24.28±0.36 ^{ABCab}	26.88±4.87 ^{Da}	22.16±0.00 ^{ABCb}	24.53±0.00 ^{BCab}	26.21±0.00 ^{ABa}
36	24.41±0.00 ^{ABab}	26.55±0.21 ^{ABa}	22.20±0.92 ^{Cb}	27.18±3.39 ^{Da}	24.24±0.35 ^{ABab}	26.34±3.36 ^{ABa}	26.33±0.00 ^{ABa}
40	21.57±3.07 ^{BCb}	26.55±0.00 ^{ABa}	23.11±0.00 ^{Cb}	29.61±1.71 ^{BCDa}	21.01±0.21 ^{BCb}	22.27±0.58 ^{Cb}	26.56±0.00 ^{ABa}

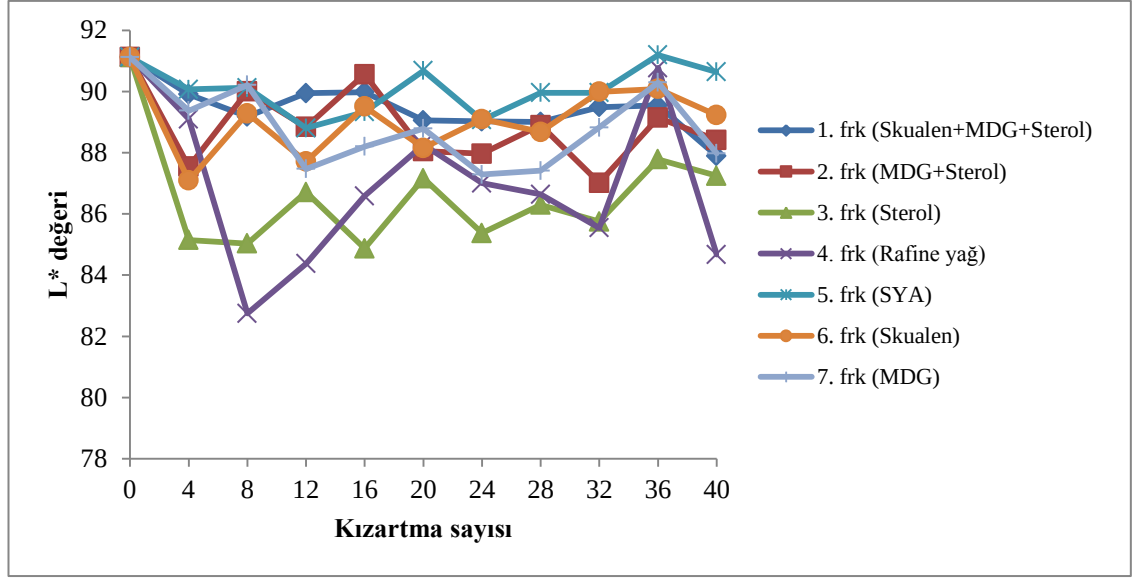
^{A-E} : Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-e} : Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.4.3 Patateslerdeki renk değişimi

Renk, kızarmış patateslerin kalitesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir (Scanlon vd. 1994). Kızarmış patateslerde renk, patatesin yüzeyinde yer alan indirgen şekerler ve aminoasitler ya da proteinler arasında gerçekleşen Maillard tepkimesi ile kızartma süre ve sıcaklığına bağlı olarak gelişmektedir (Márquez ve Añón 1986). Kızartma süresince patateslerde meydana gelen renk değişimini incelemek için ölçülen L^* , a^* , b^* değerlerindeki değişimler şekil 4.22-4.24'te verilmiştir. Çizelge 4.27-4.29'da da yedi farklı fraksiyon kullanılarak kızartılan patateslere ait L^* , a^* ve b^* değerleri yer almaktadır. Parlaklığı ifade eden L^* değeri 0-100 arasında değerler almaktadır. (-120)-(+120) arasında değişen değerler alan a^* (yeşilden kırmızıya) ve b^* (maviden sarıya) parametreleri ise rengi oluşturmaktadır (Papadakis vd. 2000). şekil 4.22'den görüldüğü üzere, L^* değerleri kızartma boyunca dalgalanmış ve 40. kızartma sonunda başlangıç değerlerine kıyasla düşüş göstermiştir. Benzer şekilde, literatürde enzimatik olmayan esmerleşme sonucu kızartma boyunca patateslerde L^* değerinin düştüğünü bildiren çalışmalar mevcuttur (Bunger vd. 2003, Pedreschi vd. 2007). Krokida vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada da, patateslerin parlaklık değerlerinin kızartma işleminin ilk aşamalarında arttığı, sonrasında ise nispeten sabit kaldığı belirlenmiştir. L^* değerleri için “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre 16. kızartmaya kadar en yüksek L^* değerleri 1. fraksiyonda (skualen+MDG+sterol), 16. kızartmadan sonra da 5. fraksiyonda (SYA) gözlenirken, en düşük L^* değerleri ise, her bir kızartma sayısı için, 3. fraksiyonda (sterol) tespit edilmiştir. 3. fraksiyondan (sterol) sonra ise en düşük L^* değerleri, 4. fraksiyonda (rafine yağ) belirlenmiştir.



Şekil 4.22 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin “L*” değerindeki değişim

Çizelge 4.27 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait “L*” değerleri (n=2)

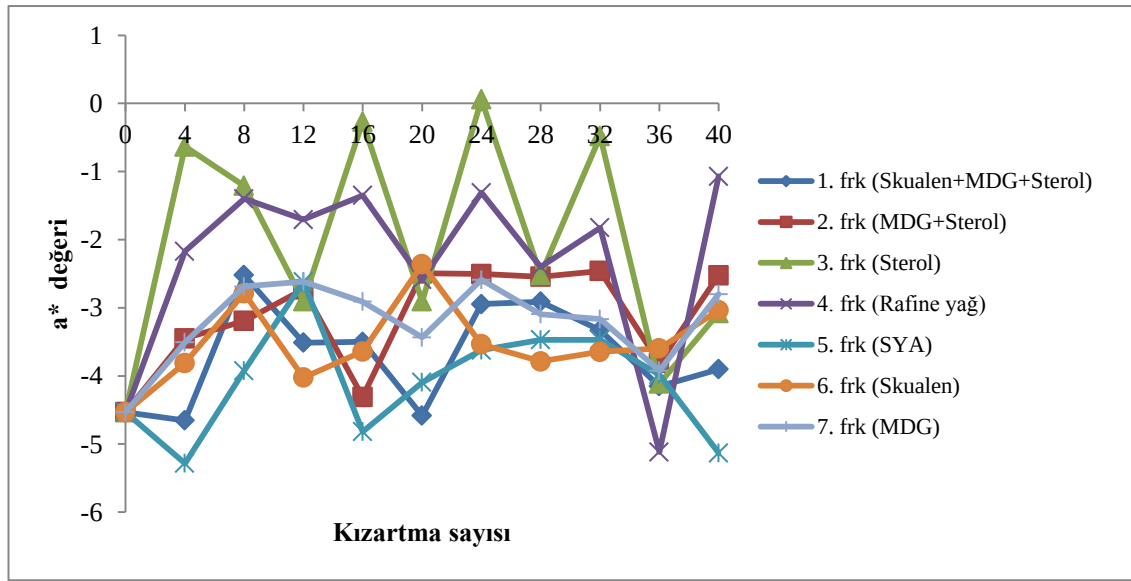
Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	91.12±0.00 ^{Aa}	91.12±0.00 ^{Aa}	91.12±0.00 ^{Aa}	91.12±0.00 ^{Aa}	91.12±0.00 ^{Aa}	91.12±0.00 ^{Aa}	91.12±0.00 ^{Aa}
4	89.91±0.60 ^{Aa}	87.54±3.35 ^{BCab}	85.15±0.46 ^{Bb}	89.10±0.93 ^{ABa}	90.07±1.20 ^{Aa}	87.09±2.28 ^{Bab}	89.37±0.00 ^{ABa}
8	89.18±0.41 ^{Aa}	90.01±0.38 ^{ABCa}	85.03±1.59 ^{Bb}	82.75±0.34 ^{Eb}	90.12±0.07 ^{Aa}	89.29±0.63 ^{ABa}	90.21±0.79 ^{ABa}
12	89.95±1.31 ^{Aa}	88.84±0.24 ^{ABCab}	86.71±0.76 ^{Bbc}	84.37±1.20 ^{DEc}	88.81±0.82 ^{Aab}	87.71±1.70 ^{Bab}	87.47±0.55 ^{Bab}
16	89.98±0.67 ^{Aa}	90.56±1.12 ^{Aba}	84.87±1.26 ^{Bc}	86.58±0.82 ^{BCDbc}	89.33±1.77 ^{Aab}	89.51±0.01 ^{ABab}	88.20±1.31 ^{ABab}
20	89.06±0.76 ^{Aab}	88.05±1.78 ^{ABCab}	87.16±1.57 ^{Bb}	88.26±1.66 ^{ABCab}	90.68±1.07 ^{Aa}	88.15±0.79 ^{ABab}	88.79±1.70 ^{ABab}
24	89.02±1.43 ^{Aa}	87.97±0.01 ^{ABCab}	85.37±1.02 ^{Bb}	87.01±0.95 ^{BCDab}	89.07±0.58 ^{Aa}	89.10±0.66 ^{ABa}	87.28±1.65 ^{Bab}
28	89.00±1.94 ^{Aab}	88.90±0.15 ^{ABCab}	86.30±1.29 ^{Bb}	86.64±2.48 ^{BCDb}	89.96±0.82 ^{Aa}	88.68±2.19 ^{ABab}	87.41±1.80 ^{Bab}
32	89.49±1.31 ^{Aa}	87.01±0.28 ^{Cab}	85.75±0.99 ^{Bb}	85.55±0.59 ^{CDEb}	89.96±0.82 ^{Aa}	89.99±1.60 ^{ABa}	88.82±1.09 ^{ABa}
36	89.54±2.33 ^{Aab}	89.14±0.57 ^{ABCab}	87.78±1.69 ^{Bb}	90.77±2.48 ^{Aab}	91.20±0.77 ^{Aa}	90.09±0.60 ^{ABab}	90.29±1.42 ^{ABab}
40	87.89±0.65 ^{Aab}	88.42±1.92 ^{ABCab}	87.25±0.30 ^{Bbc}	84.67±1.77 ^{DEc}	90.64±0.28 ^{Aa}	89.23±0.67 ^{ABab}	87.98±0.81 ^{ABab}

^{A-E}: Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-c}: Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

“a*” değerleri kızartma süresince dalgalanmış, 40. kızartma sonunda 5. fraksiyon (SYA) hariç tüm fraksiyonlarda artmıştır (Şekil 4.23). Kızartma öncesi patateslerde -4.53 olan a* değeri, kızartma sonunda 1.-7. fraksiyonlarda sırasıyla -3.90, -2.52, -3.08, -1.07, -5.13, -3.04 ve -2.80 değerlerini almıştır. a* değerleri için de “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.28). Genel olarak bakıldığında, en düşük a* değerlerinin 5. fraksiyonda (SYA), en yüksek değerlerin ise 3. (sterol) ve 4. (rafine yağ) fraksiyonlarda olduğu söylenebilir.



Şekil 4.23 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin “a*” değerindeki değişim

Çizelge 4.28 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait “a*” değerleri (n=2)

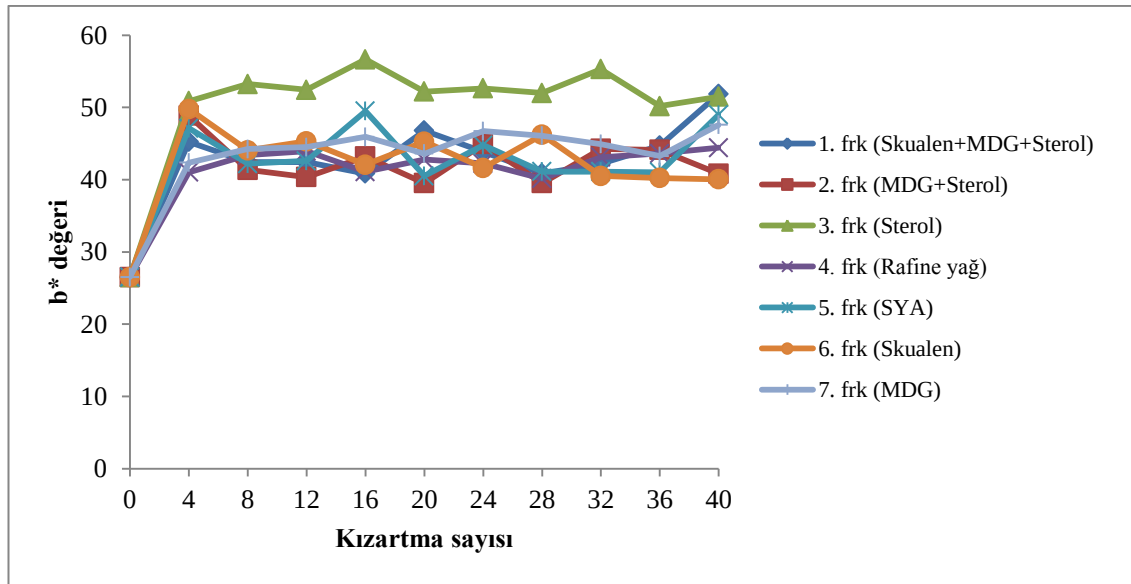
Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	-4.53±0.00 ^{Ba}	-4.53±0.00 ^{Ca}	-4.53±0.00 ^{Da}	-4.53±0.00 ^{Ba}	-4.53±0.00 ^{Ba}	-4.53±0.00 ^{Ba}	-4.53±0.00 ^{Ba}
4	-4.65±0.25 ^{Bcd}	-3.45±1.50 ^{ABCbc}	-0.63±0.86 ^{Aa}	-2.17±0.52 ^{Aab}	-5.28±0.09 ^{Bd}	-3.81±1.21 ^{ABbcd}	-3.51±0.01 ^{ABbc}
8	-2.52±0.43 ^{Aab}	-3.19±0.42 ^{ABCb}	-1.21±1.21 ^{ABa}	-1.40±0.52 ^{Aa}	-3.92±0.06 ^{ABb}	-2.79±0.21 ^{ABab}	-2.69±2.15 ^{Aab}
12	-3.51±0.76 ^{ABb}	-2.73±0.24 ^{ABab}	-2.90±0.46 ^{CDab}	-1.71±0.38 ^{Aa}	-2.62±0.34 ^{Aab}	-4.02±0.24 ^{ABb}	-2.62±0.34 ^{Aab}
16	-3.50±0.39 ^{ABcd}	-4.31±0.93 ^{BCcd}	-0.27±0.57 ^{Ab}	-1.35±0.19 ^{Ab}	-4.82±0.39 ^{Bd}	-3.64±0.23 ^{ABcd}	-2.91±0.48 ^{ABc}
20	-4.58±0.30 ^{Bb}	-2.49±0.83 ^{Aa}	-2.91±0.68 ^{CDab}	-2.59±1.19 ^{Aa}	-4.10±0.44 ^{ABab}	-2.36±1.45 ^{Aa}	-3.43±1.28 ^{ABab}
24	-2.95±0.62 ^{ABbc}	-2.50±0.71 ^{Abc}	0.06±0.15 ^{Aa}	-1.31±0.54 ^{Aab}	-3.62±0.45 ^{ABc}	-3.54±0.40 ^{ABc}	-2.59±0.81 ^{Abc}
28	-2.91±0.67 ^{ABa}	-2.54±0.03 ^{Aa}	-2.52±0.38 ^{BCa}	-2.40±0.50 ^{Aa}	-3.47±0.51 ^{ABa}	-3.79±0.57 ^{ABa}	-3.09±0.94 ^{ABa}
32	-3.33±0.63 ^{ABbc}	-2.46±0.12 ^{Abc}	-0.48±0.85 ^{Aa}	-1.83±0.28 ^{Aab}	-3.47±0.51 ^{ABbc}	-3.65±0.80 ^{ABc}	-3.17±0.02 ^{ABbc}
36	-4.15±0.54 ^{ABa}	-3.81±0.77 ^{ABCa}	-4.11±0.85 ^{CDa}	-5.12±0.11 ^{Ba}	-3.98±0.51 ^{ABa}	-3.60±0.20 ^{ABa}	-3.92±0.83 ^{ABa}
40	-3.90±0.72 ^{ABbc}	-2.52±0.69 ^{Aab}	-3.08±0.68 ^{CDb}	-1.07±0.59 ^{Aa}	-5.13±0.34 ^{Bc}	-3.04±0.37 ^{ABb}	-2.80±0.01 ^{ABb}

^{A-D}: Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-d}: Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

Her bir fraksiyon için b^* değerleri, ilk 4 kızartma sonunda önemli düzeyde artış göstermiş, bundan sonra da kızartma sonuna kadar nispeten sabit kalmıştır (Şekil 4.24). Kızartma başlangıcında 26.53 olan b^* değeri, 40. kızartma sonunda 1.-7. fraksiyonlarda sırasıyla 51.85, 40.84, 51.49, 44.41, 48.98, 40.05, 47.58 değerlerine ulaşmıştır. Bazı araştırmalarda da, benzer şekilde, patateslerin a^* ve b^* değerlerinin, kızartma boyunca arttığı bildirilmiştir (Segnini vd. 1999, Krokida vd. 2001, Pedreschi vd. 2007). Çizelge 4.29 incelendiğinde, “yağ fraksiyonları x kızartma sayısı” interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Her bir kızartma sayısı için en yüksek b^* değerleri, sterollerce zengin olan 3. fraksiyonda tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, en düşük b^* değerlerinin ise 2. fraksiyonda (MDG+sterol) olduğu, bunu da 4. fraksiyonun (rafine yağ) takip ettiği söylenebilir.



Şekil 4.24 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslerin “ b^* ” değerindeki değişim

Çizelge 4.29 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait “b*” değerleri (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)
0	26.53±0.00 ^{Ca}	26.53±0.00 ^{Ca}	26.53±0.00 ^{Ba}	26.53±0.00 ^{Ba}	26.53±0.00 ^{Ca}	26.53±0.00 ^{Ca}	26.53±0.00 ^{Ba}
4	45.24±2.30 ^{Bab}	48.88±0.33 ^{Aa}	50.86±0.09 ^{Aa}	41.04±0.75 ^{Ab}	47.11±5.78 ^{ABab}	49.78±2.38 ^{Aa}	42.35±1.20 ^{Ab}
8	42.45±0.37 ^{Bb}	41.35±1.19 ^{Bb}	53.24±1.33 ^{Aa}	43.40±0.41 ^{Ab}	42.20±0.56 ^{Bb}	44.07±1.97 ^{ABb}	44.24±0.24 ^{Ab}
12	42.42±1.05 ^{Bb}	40.37±1.31 ^{Bb}	52.45±2.23 ^{Aa}	43.97±1.22 ^{Ab}	42.61±0.93 ^{Bb}	45.30±3.49 ^{ABb}	44.51±1.73 ^{Ab}
16	40.85±0.55 ^{Bc}	43.21±2.47 ^{ABc}	56.65±0.06 ^{Aa}	41.10±0.48 ^{Ac}	49.50±5.69 ^{Ab}	42.07±1.83 ^{Bc}	45.92±2.47 ^{Abc}
20	46.79±0.18 ^{ABab}	39.52±0.43 ^{Bc}	52.19±1.95 ^{Aa}	42.77±0.55 ^{Abc}	40.52±1.30 ^{Bbc}	45.27±0.42 ^{ABbc}	43.60±0.26 ^{Abc}
24	43.87±0.43 ^{Bb}	44.93±1.08 ^{ABb}	52.64±0.13 ^{Aa}	42.26±0.35 ^{Ab}	44.78±4.88 ^{ABb}	41.63±1.13 ^{Bb}	46.73±0.31 ^{Ab}
28	40.86±1.45 ^{Bbc}	39.52±0.18 ^{Bc}	51.99±0.22 ^{Aa}	40.14±2.03 ^{Abc}	41.12±1.89 ^{Bbc}	46.22±6.65 ^{ABab}	46.08±0.83 ^{Aab}
32	42.21±1.11 ^{Bb}	44.27±0.01 ^{ABb}	55.31±3.02 ^{Aa}	43.12±1.14 ^{Ab}	41.12±1.89 ^{Bb}	40.52±0.48 ^{Bb}	44.93±1.47 ^{Ab}
36	44.71±5.00 ^{Bab}	44.14±2.14 ^{ABab}	50.18±0.19 ^{Aa}	43.63±6.75 ^{Ab}	41.04±0.08 ^{Bb}	40.24±0.53 ^{Bb}	43.27±1.60 ^{Ab}
40	51.85±0.33 ^{Aa}	40.84±0.70 ^{Bc}	51.49±0.04 ^{Aa}	44.41±1.22 ^{Abc}	48.98±0.57 ^{Aab}	40.05±1.28 ^{Bc}	47.58±2.37 ^{Aab}

^{A-C}: Her bir yağ fraksiyonunda farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

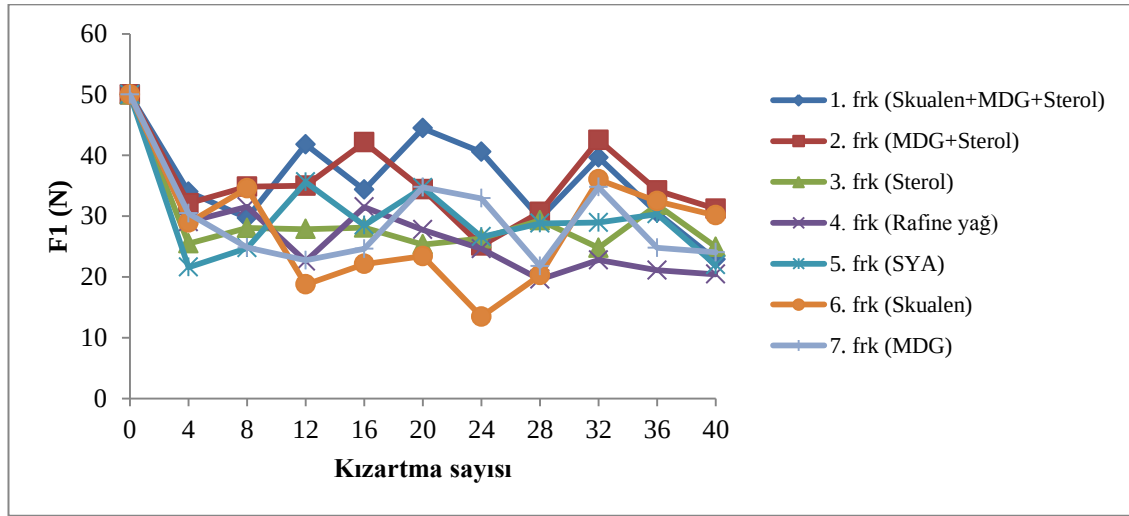
^{a-c}: Her bir kızartma süresinde farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

4.4.4 Patateslerdeki tekstür değişimi

Patateslerin tekstür ölçümlerinden elde edilen F1 kuvveti üst kabuğun penetrasyon direncini, F2 kuvveti ise alt kabuğun direncini göstermektedir. F1 ve F2 kuvvetlerinin kızartma süresince farklı yağlardaki değişimi, sırasıyla, şekil 4.25-4.26'da; bu kuvvetlere ilişkin değerler ise aynı sıra ile çizelge 4.30-4.31'de verilmiştir.

F1 kuvveti üzerine, yağ fraksiyonları ve kızartma sayısı faktörlerinin tek başına etkilerinin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Buna göre kızartma sayısı arttıkça F1 kuvveti dalgalanarak azalma göstermiş ve bu düşüş istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 1.-7. fraksiyonlarda elde edilen ortalama F1 değerleri ise sırasıyla, 36.13, 35.66, 29.27, 27.36, 30.16, 28.19 ve 29.61 N olarak belirlenmiştir. Buna göre en yüksek F1 değerleri, 1. (skualen+MDG+sterol) ve 2. (MDG+sterol) fraksiyonlarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.30).



Şekil 4.25 Patateslerin üst kabuğunun delinmesi için gerekli kuvvetin kızartma süresince farklı yağlardaki değişimi

Çizelge 4.30 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait F1 değerleri (N) (n=2)

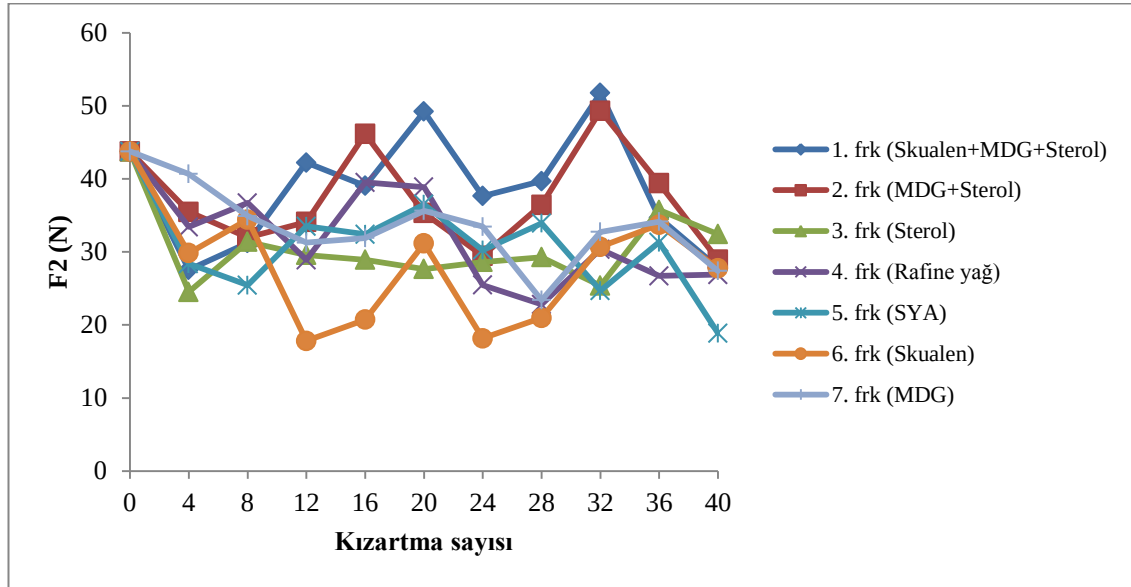
Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)	Ort±SH
0	49.97±0.00	49.97±0.00	49.97±0.00	49.97±0.00	49.97±0.00	49.97±0.00	49.97±0.00	49.97±0.00 ^A
4	33.99±5.50	32.10±4.18	25.50±6.28	29.05±2.38	21.58±1.47	28.90±12.00	30.46±2.26	28.80±1.95 ^{BCD}
8	29.67±9.36	34.83±0.85	28.05±8.10	31.53±0.79	24.75±1.15	34.58±0.23	24.84±1.78	29.75±1.70 ^{BCD}
12	41.79±0.55	35.00±5.45	27.86±6.03	22.56±1.64	35.60±1.21	18.74±3.67	22.74±1.88	29.19±2.38 ^{BCD}
16	34.33±0.88	42.10±11.0	28.09±8.98	31.50±4.25	28.50±4.32	22.13±0.22	24.62±1.95	30.19±2.36 ^{BCD}
20	44.44±8.57	34.43±1.93	25.33±6.39	27.76±1.18	34.67±0.27	23.41±0.39	34.77±5.28	32.12±2.25 ^{BC}
24	40.57±3.11	25.14±2.04	26.31±5.65	24.62±0.34	26.59±7.34	13.46±0.49	32.92±7.54	27.09±2.50 ^{CD}
28	29.65±5.65	30.64±4.14	29.30±0.60	19.59±4.29	28.80±2.12	20.29±3.95	21.77±2.46	25.72±1.62 ^D
32	39.63±0.47	42.55±3.51	24.77±0.02	22.77±3.56	28.94±1.77	36.03±0.72	34.77±6.30	32.78±2.11 ^B
36	30.60±10.20	34.22±3.62	31.84±3.77	21.10±0.69	30.34±1.46	32.44±3.03	24.78±2.13	29.32±1.75 ^{BCD}
40	22.85±1.68	31.21±2.23	24.95±4.86	20.45±2.89	21.97±1.35	30.12±1.66	24.03±3.19	25.08±1.30 ^D
Ort±SH	36.13±2.04 ^a	35.66±1.73 ^a	29.27±1.92 ^b	27.36±1.88 ^b	30.16±1.77 ^b	28.19±2.29 ^b	29.61±1.92 ^b	

^{A-D}: Farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a, b}: Farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

F2 değerleri için de yağ fraksiyonları ve kızartma sayısı faktörleri arasında interaksiyonun olmadığı görülmektedir. Fakat her iki faktörün de F2 üzerine tek başına etkileri istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Çizelge 4.31'e göre, patateslerin alt kabuğunu delmek için gerekli olan ortalama F2 değerleri 1.-7. fraksiyonlarda sırasıyla 38.60, 37.30, 30.66, 32.12, 30.82, 28.09, 33.57 N değerlerini almaktadır. Buna göre en yüksek F2 değerleri 1. fraksiyonda (skualen+MDG+sterol), en düşük değerler ise 6. fraksiyonda (skualen) tespit edilmiştir. Kızartma sayısının F2 üzerine etkisi ise tıpkı F1'de olduğu gibidir. Kızartma sayısı arttıkça F2 kuvvetinde meydana gelen düşüşlerinde istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.26 Patateslerin alt kabuğunun delinmesi için gerekli kuvvetin kızartma süresince farklı yağlardaki değişimi

Çizelge 4.31 Farklı yağ fraksiyonlarıyla kızartılan patateslere ait F2 değerleri (N) (n=2)

Kızartma sayısı	1. fraksiyon (Skualen+ MDG+Sterol)	2. fraksiyon (MDG+Sterol)	3. fraksiyon (Sterol)	4. fraksiyon (Rafine yağ)	5. fraksiyon (SYA)	6. fraksiyon (Skualen)	7. fraksiyon (MDG)	Ort±SH
0	43.75±0.00	43.75±0.00	43.75±0.00	43.75±0.00	43.75±0.00	43.75±0.00	43.75±0.00	43.75±0.00 ^A
4	27.55±5.64	35.47±8.20	24.51±6.60	33.42±6.91	28.38±1.58	29.80±14.3	40.67±5.87	31.41±2.59 ^{BCD}
8	31.23±6.70	31.99±2.51	31.39±3.66	36.71±2.40	25.43±4.63	34.43±5.50	34.90±2.55	32.30±1.51 ^{BCD}
12	42.22±3.24	34.09±5.24	29.58±5.92	28.91±1.87	33.50±0.82	17.80±3.86	31.27±1.86	31.05±2.14 ^{BCD}
16	39.05±4.97	46.16±7.98	28.92±8.45	39.50±2.40	32.41±1.74	20.73±0.58	31.91±0.46	34.10±2.53 ^{BC}
20	49.21±7.10	35.31±0.11	27.65±0.79	38.87±0.34	36.51±5.39	31.16±0.41	35.63±7.39	36.34±2.13 ^B
24	37.65±3.57	29.47±2.66	28.62±5.15	25.46±3.53	30.24±9.96	18.15±0.85	33.45±5.33	29.01±2.13 ^{CD}
28	39.70±10.60	36.45±3.65	29.27±1.27	22.80±5.77	33.93±1.62	20.98±5.39	23.39±4.37	29.50±2.43 ^{CD}
32	51.76±5.91	49.33±2.17	25.38±0.63	30.34±0.56	24.69±1.32	30.70±2.93	32.73±2.09	34.99±2.94 ^{BC}
36	34.70±12.10	39.41±1.05	35.70±10.10	26.72±2.38	31.31±2.57	33.70±10.30	34.15±2.15	33.68±2.26 ^{BC}
40	27.85±1.84	28.93±0.08	32.43±8.25	26.88±8.80	18.87±1.18	27.74±1.15	27.37±0.19	27.15±1.67 ^D
Ort±SH	38.60±2.19 ^a	37.30±1.66 ^{ab}	30.66±1.68 ^{cd}	32.12±1.68 ^{cd}	30.82±1.62 ^{cd}	28.09±2.12 ^d	33.57±1.42 ^{bc}	

^{A-D}: Farklı harfleri taşıyan kızartma süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

^{a-d}: Farklı harfleri taşıyan yağ fraksiyonları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Ort±SH: Ortalama±Standart Hata

5. SONUÇ

Tezin amacı, pirina yağında bulunan dört temel minör bileşenin (SYA, skualen, MDG, steroller) yağın kızartma stabilitesi üzerine etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla ilk aşamada, ağartılmış ve rafine pirina yağları kısa yollu (short-path) moleküler destilasyon sistemi kullanılarak belirli koşullarda destile edilmiştir. Böylece minör bileşenlerin pirina yağından belirli oranlarda uzaklaştırılması için gerekli olan sıcaklık ve basınç koşulları belirlenmiştir. Bu koşullar skualen için 160 °C, 0.5 mbar; MDG için 200 °C, 0.02 mbar; steroller için ise 230 °C, 0.02 mbar olarak seçilmiştir. Pirina yağının SYA içeriği düşük olduğundan, bu minör bileşenleri yağdan uzaklaştırmak için herhangi bir damıtma işlemi yapılmamıştır. Minör bileşenlere ait destilasyon koşulları belirlendikten sonra kızartma işleminde kullanılacak olan ilk dört fraksiyon (1.-4. fraksiyonlar) hazırlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, SYA ve destilasyon işlemi ile yağdan uzaklaştırılan diğer minör bileşenler, bu bileşenleri en az düzeyde içeren fraksiyona (4. fraksiyon) dışarıdan ilave edilmiş, böylece 5.-7. fraksiyonlar elde edilmiştir. Bundan sonra, hazırlanan bu 7 fraksiyonla, 5 gün boyunca günde 8 saat olmak üzere, 180 °C’da gerçekleştirilen kızartma işlemleri ile pirina yağının kızartma stabilitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için her gün 4. ve 8. kızartmadan sonra alınan yağ örnekleri, toplam polar madde, polimer trigliserit içeriği, viskozite, renk indeksi, SYA, p-anisidin, dumanlanma noktası, yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı analizlerine tabi tutularak pirina yağının kızartma stabilitesi değerlendirilmiştir. Çünkü kızartma stabilitesi, yağın kızartma koşullarında ölçülen kriterlere (polar madde içeriği, polimer madde oranı, serbest asitlik, dumanlanma noktası vb.) karşı gösterdiği performans olarak ifade edilmektedir.

MDG içeren 7. fraksiyon en yüksek polar madde içeriğine sahip fraksiyon iken, bunu sterollerce zengin olan 3. fraksiyon izlemektedir. Toplam polar madde içeriği en düşük fraksiyon ise minör bileşenleri minimum düzeyde içeren 4. fraksiyondur. Ayrıca 40. kızartma sonunda yasal limitin (≤ 25) altında kalan tek fraksiyon da 4. fraksiyon (rafine yağ) olmuştur. Diğer fraksiyonların polar madde içeriğinin kızartma sonunda yasal sınırı aştığı belirlenmiştir.

Kızartma süresince polimer trigliserit içeriği en yüksek fraksiyon 3. fraksiyon (sterol) olarak tespit edilmişken, en düşük fraksiyon ise 7. fraksiyon (MDG) olarak belirlenmiştir. 7. fraksiyon (MDG) dışındaki yağlar için polimer trigliserit bulguları ile viskozite sonuçlarının paralellik gösterdiği görülmüştür. Buna göre, kızartma boyunca en yüksek viskozite değerleri de 3. fraksiyonda (sterol) tespit edilmiştir.

Renk indeksi bakımından, 7. fraksiyonun (MDG) en yüksek değerlere sahip olduğu, en düşük değerlerin ise dışarıdan skualen ilave edilen 6. fraksiyona ait olduğu belirlenmiştir.

Serbest asitlerin kızartma stabilitesine etkisini incelemek için dışarıdan oleik asit ilave edilerek hazırlanan 5. fraksiyonun kızartma başlangıcındaki serbest asit içeriği %1.32 olup diğer fraksiyonlardan daha yüksektir, bu örnek kızartma sonunda da %1.68 serbest asit içeriğiyle yine en yüksek asitliğe sahip fraksiyon olmuştur. Bunu takiben, en yüksek serbest asit içeriğine sahip olan yağların 3. (sterol) ve 7. (MDG) fraksiyonlar olduğu tespit edilmiştir. En düşük içerik de minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyonda (rafine yağ) belirlenmiştir. Kızartma boyunca en yüksek p-anisidin değerleri ise 1. (skualen+MDG+sterol) ve 2. (MDG+sterol) fraksiyonda gözlenirken, en düşük değerler 5. fraksiyonda (SYA) tespit edilmiştir.

Genel olarak tüm fraksiyonlarda dumanlanma noktaları kızartma boyunca azalmıştır. Kızartma süresince en yüksek dumanlanma noktası değerleri 4. fraksiyonda (rafine yağ) ölçülmüşken, bunu 3. fraksiyon (sterol) takip etmiştir. Kızartma başlangıcında 4. ve 3. fraksiyona ait dumanlanma noktaları sırasıyla 242 ve 230 °C iken, 40. kızartma sonunda bu değerler aynı sıra ile 193 ve 179 °C olarak belirlenmiştir. Kızartma süresince en düşük dumanlanma noktası değerleri 5. fraksiyonda (SYA) tespit edilmiştir. Literatüre göre, dumanlanma noktası ile serbest asit içeriği arasında ters yönlü bir ilişki mevcuttur. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar bu bilgiyi doğrular niteliktedir. Buna göre, kızartma süresince en yüksek dumanlanma noktası değerlerine sahip olan 4. fraksiyonun (rafine yağ), aynı zamanda en düşük serbest asit içeriğine sahip olan fraksiyon olduğu da bilinmektedir. Aynı şekilde, kızartma boyunca en yüksek serbest asit içeriğine sahip

olan 5. fraksiyonun (SYA) da en düşük dumanlanma noktası değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Tüm fraksiyonlarda oleik, linoleik, linolenik asitin kızartma boyunca azaldığı, palmitik ve stearik asitin ise oransal olarak arttığı görülmüştür. Dolayısıyla, yağların doymamışlık derecesini gösteren İS değerleri de tüm fraksiyonlarda kızartma sayısı arttıkça düşmüştür.

Kızartma süresince patateslerde meydana gelen değişiklikleri izlemek için de nem, yağ, renk ve tekstür analizleri yapılmıştır. Patateslerin nem oranı, ilk 4 kızartma sonunda önemli düzeyde bir düşüş gösterdikten sonra 40. kızartma sonuna kadar nispeten sabit kalmıştır. Patateslerdeki nem kaybı 1.-7. fraksiyonlarda, sırasıyla, %39.12, %41.69, %45.14, %50.62, %41.58, %45.30, %48.68 değerlerini almıştır. Buna göre, nem kaybı en çok 4. (rafine yağ) ve 7. (MDG) fraksiyonda kızartılan patateslerde tespit edilirken, en az 1. (skualen+MDG+sterol), 2. (MDG+sterol) ve 5. (SYA) fraksiyonda kızartılanlarda gözlenmiştir.

Tüm fraksiyonlarda patateslerin yağ miktarları ilk 4 kızartma sonunda önemli düzeyde artmıştır. Bundan sonra dalgalanmalar görölse de 40. kızartma sonuna kadar nispeten sabit kaldığı söylenebilir. Kızartma süresince en fazla yağ çeken patatesler, minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyonla (rafine yağ) kızartılanlar olmuştur. Bunun yanı sıra genel olarak bakıldığında en az yağ çeken patateslerin ise 5. fraksiyonla (SYA) kızartılanlar olduğu söylenebilir.

Kızartma süresince patateslerdeki renk değişimini izleyebilmek için patateslerin L*, a*, b* değerleri ölçülmüştür. L* değerleri kızartma boyunca dalgalanmış ve 40. kızartma sonunda başlangıç değerlerine kıyasla düşüş göstermiştir. En yüksek L* değerleri, 16. kızartmaya kadar 1. fraksiyonda (skualen+MDG+sterol), 16. kızartmadan sonra da 5. fraksiyonda (SYA) gözlenirken, kızartma boyunca en düşük L* değerleri ise 3. fraksiyonda (sterol) tespit edilmiştir. 3. fraksiyondan (sterol) sonra en düşük L* değerleri 4. fraksiyonda (rafine yağ) belirlenmiştir. “a*” değerleri kızartma süresince

dalgalanmış, 40. kızartma sonunda 5. fraksiyon (SYA) hariç tüm fraksiyonlarda artmıştır. Buna göre, kızartma öncesi patateslerde -4.53 olan a^* değeri, kızartma sonunda 1.-7. fraksiyonlarda sırasıyla -3.90, -2.52, -3.08, -1.07, -5.13, -3.04 ve -2.80 değerine ulaşmıştır. Genel olarak, en düşük a^* değerleri 5. fraksiyonda (SYA), en yüksek değerler ise 3. (sterol) ve 4. (rafine yağ) fraksiyonlarda tespit edilmiştir. b^* değerleri ise, tüm fraksiyonlarda, ilk 4 kızartma sonunda önemli düzeyde bir artış göstermiş, bundan sonra 40. kızartma sonuna kadar da nispeten sabit kalmıştır. Her bir kızartma sayısı için en yüksek b^* değerleri, 3. fraksiyonda (sterol) tespit edilmiştir. Genel olarak, kızartma boyunca en düşük b^* değerlerinin ise 2. fraksiyonda (MDG+sterol) olduğu, bunu da 4. fraksiyonun (rafine yağ) takip ettiği belirlenmiştir.

Kızartma süresince en yüksek $F1$ değerleri, 1. (skualen+MDG+sterol) ve 2. (MDG+sterol) fraksiyonda kızartılan patateslerde gözlenirken, en yüksek $F2$ değerleri ise 1. fraksiyonda (skualen+MDG+sterol) kızartılanlarda tespit edilmiştir.

Bu çalışma, pirina yağının dört temel minör bileşeni olan SYA, skualen, MDG ve sterollerin kızartma stabilitesi üzerine etkilerini ortaya koymaktadır. Bu bileşenlerin kızartma işlemleri sırasında hem pozitif hem de negatif yönde etkilerinin olduğu saptanmıştır. Bunlardan SYA, viskozite ve dumanlanma noktası üzerine negatif yönde etki gösterirken, p-anisidin değerleri üzerinde pozitif yönde bir etki yapmıştır. Skualenin en belirgin etkisi renk indeksi değerlerinde görülmüştür, bu özellik üzerinde azaltıcı yönde bir etki yaratmıştır. Steroller kızartma sırasında polar madde, polimer trigliserit ve SYA içeriği ile viskoziteyi olumsuz yönde, dumanlanma noktasını ise pozitif yönde etkilemiştir. MDG kızartma süresince polimer trigliseritlerin oluşumunu azaltmıştır. Ancak polar madde ve SYA oluşumunu teşvik etmiştir. Bunların yanı sıra, MDG'nin kızartma boyunca renk indeksi değerlerini artırdığı da tespit edilmiştir. Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında, polar madde ve SYA içeriği ile dumanlanma noktası bakımından, en uygun kızartma ortamı, minör bileşenleri en az düzeyde içeren 4. fraksiyon (rafine yağ) olarak seçilebilir. Buna karşın, 4. fraksiyonla kızartılan patatesler en fazla yağ çeken ve nem kaybeden patateslerdir. Ancak 4. fraksiyonun (rafine yağ) 40 saat kullanımdan sonra yukarıda sayılan özellikler açısından en uygun kızartma yağı olduğu düşünülürse, bu durumun tüketiciler açısından herhangi bir olumsuz etki yaratmayacağı söylenebilir. Sonuç olarak, iyi rafine edilmiş bir yağ, iyi bir kızartmalık yağ olarak nitelendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdalla, A. E. M. 1999. Antioxidative effect of olive oil deodorizer distillate on frying oil and quality of potato chips. *Fett/Lipid*, 101(1), 57-63.
- Abdulkarim, S. M., Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K. S. and Ghazali, H. M. 2007. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*, 105, 1382-1389.
- Aladedunye, F. A. and Przybylski, R. 2009. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86, 149-156.
- Alireza, S., Tan, C. P., Hamed, M. and Che Man, Y. B. 2010. Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. *International Food Research Journal*, 17, 295-302.
- Anonim. 2010. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği. Tebliğ No: 2010/35.
- Anonim. 2012. Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı ve Sıvı Yağlar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği. Ankara.
- Anonymous. 1989a. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Ch 8-02.
- Anonymous. 1989b. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cd 11d-96.
- Anonymous. 1989c. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Ce 8-89.
- Anonymous. 1989d. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cd 22-91.
- Anonymous. 1989e. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cc 13c-50.
- Anonymous. 1989f. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Ca 5a-40.
- Anonymous. 1989g. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cd 8-53.
- Anonymous. 1989h. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Ch 5-91.

- Anonymous. 1989i. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cd 18-90.
- Anonymous. 1989j. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cc 9a-48.
- Anonymous. 1989k. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cd 1c-85.
- Anonymous. 1990. Fatty acids in oils and fats, In: AOAC Official Methods of Analysis, Helrich, K. (ed.), 963-964, Virginia.
- Anonymous. 2001. Determination of the composition and content of sterols by capillary column gas chromatography. International Olive Oil Council, COI/T.20/DOC.no.10.
- Anonymous. 2015. Web Sitesi: www.avta-us.com/basics.html, Erişim Tarihi: 27.06.2015.
- Anonymous. 2015. Web Sitesi: www.ips-gigk.com/thin_film.htm, Erişim Tarihi: 27.06.2015.
- Anonymous. 2015. Web Sitesi: www.sms-vt.com/en/technologies/short-path-evaporator/operating-principle-of-short-path-distillation.html, Erişim Tarihi: 27.06.2015.
- Bastida, S. and Sánchez-Muniz, F. J. 2001. Thermal oxidation of olive oil, sunflower oil and a mix of both oils during forty discontinuous domestic fryings of different foods. Food Science and Technology International, 7(1), 15-21.
- Batistella, C. B. and Maciel, M. R. W. 1998. Recovery of carotenoids from palm oil by molecular distillation. Computers&Chemical Engineering, 22, 53-60.
- Batistella, C. B., Moraes, E. B., Filho, R. M. and Maciel, M. R. W. 2002. Molecular distillation: Rigorous modeling and simulation for recovering vitamin E from vegetal oils. Applied Biochemistry and Biotechnology, 98-100, 1187-1206.
- Baumann, B. and Escher, F. 1995. Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices- I. Rate of drying and oil uptake. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 28, 395-403.
- Becalski, A., Lau, B. P., Lewis, D. and Seeman, S. W. 2003. Acrylamide in foods: occurrence, sources and modeling. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 802-808.
- Breivik, H., Haraldsson, G. G. and Kristinsson, B. 1997. Preparation of highly purified concentrates of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. Journal of the American Oil Chemists' Society, 74, 1425-1429.

- Bunger, A., Moyano, P. and Rioseco, V. 2003. NaCl soaking treatment for improving the quality of french-fried potatoes. *Food Research International*, 36, 161-166.
- Che Man, Y. B., Liu, J. L., Jamilah, B. and Rahman, R. A. 1999. Quality changes of refined-bleached-deodorized (RBD) palm olein, soybean oil and their blends during deep-fat frying. *Journal of Food Lipids*, 6, 181-193.
- Che Man, Y. B. and Jaswir, I. 2000. Effects of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorised (RBD) palm olein during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 69, 301-307.
- Choe, E. and Min, D. B. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5), 77-86.
- Chu, Y. H. 1991. A comparative study of analytical methods for evaluation of soybean oil quality. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68, 379-383.
- Chung, J., Lee, J. and Choe, E. 2004. Oxidative stability of soybean and sesame oil mixture during frying of flour dough. *Journal of Food Science*, 69(7), 574-578.
- Cuesta, C., Sánchez-Muniz, F. J., Garrido-Polonio, C., López-Varela, S. and Arroyo, R. 1993. Thermoxidative and hydrolytic changes in sunflower oil used in fryings with a fast turnover of fresh oil. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 70(11), 1069-1073.
- Diack, M. and Saska, M. 1994. Separation of vitamin E and γ -oryzanols from rice bran by normal-phase chromatography. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 1211-1217.
- Dobarganes, C. 1998. Formation and analysis of high molecular-weight compounds in frying fats and oils. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 5, 41-47.
- Dobarganes, C., Márquez-Ruiz, G. and Velasco, J. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 521-528.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Fellows, P. 1988. *Food Processing Technology-Principles and Practice*. Ellis Horwood Ltd., 505, İngiltere.
- Frega, N., Mozzon, M. and Lercker, G. 1999. Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 325-329.
- Fritsch, C. W. 1981. Measurements of frying fat deterioration: a brief review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58(3), 272-274.

- Fukuda, Y., Osawa, T., Kawakishi, S. and Namiki, M. 1994. Chemistry of lignan antioxidants in sesame seed and oil, In: Food Photochemical for Cancer Prevention II. Ho, C. T., Osawa, T., Huang, M. T. and Rosen, R. T. (eds.), ACS Symposium Series, 264-274, U. S. A.
- Gillatt, P. 2001. Flavour and aroma development in frying and fried food, In: Frying-Improving quality. Rossell, J. B. (ed.), Woodhead Publishing Limited, 266-336, England.
- Gomes, T. and Caponio, F. 2000. Possibility of improving the quality characteristics of olive-pomace oil and enhancing its differentiation from refined olive-pomace oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 62-67.
- Gupta, M. K. 2005. Frying oils, In: Bailey's Industrial Oil&Fat Products. Shahidi, F. (ed.), Wiley-Interscience, 1-31, Canada.
- Hansen, S. L., Myers, M. R. and Artz, W. E. 1994. Nonvolatile components produced in triolein during deep-fat frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(11), 1239-1243.
- Houhoula, D. P., Oreopoulou, V. and Tzia, C. 2002. A kinetic study of oil deterioration during frying and a comparison with heating. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79, 133-137.
- Houhoula, D. P., Oreopoulou, V. and Tzia, C. 2003. The effect of process time and temperature on the accumulation of polar compounds in cottonseed oil during deep-fat frying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 314-319.
- Jiang, S. T., Shao, P., Pan, L. J. and Zhao, Y. Y. 2006. Molecular distillation for recovering tocopherol and fatty acid methyl esters from rapeseed oil deodoriser distillate. *Biosystems Engineering*, 93(4), 383-391.
- Kalogianni, E. P., Karapantsios, T. D. and Miller, R. 2011. Effect of repeated frying on the viscosity, density and dynamic interfacial tension of palm and olive oil. *Journal of Food Engineering*, 105, 169-179.
- Kayahan, M. 2002. *Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri*. ODTÜ Yayıncılık, 255, Ankara.
- Kayahan, M. 2003. *Yağ Kimyası*. ODTÜ Yayıncılık, 220, Ankara.
- Kayahan, M. ve Tekin, A. 2006. *Zeytinyağı Üretim Teknolojisi*. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, 198, Ankara.
- Kim, H. Y., Park, J. Y., Kim, C. T., Chung, S. Y., Sho, Y. S., Lee, J. O. and Oh, S. 2004. Factors affecting acrylamide formation in French fries. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 36, 857-862.

- Kochhar, S. P. 2000. Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 552-559.
- Kochhar, S. P. 2001. The composition of frying oils, In: *Frying-Improving quality*. Rossell, J. B. (ed.), Woodhead Publishing Limited, 87-114, England.
- Kourimska, L., Pokorny, J. and Reblova, J. 1995. Phospholipids as inhibitors of oxidation during food storage and frying. *Prehrambenotechnol Biotechnol Rev*, 32, 91-94.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V. and Maroulis, Z. B. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44, 39-46.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B. and Marinos-Kouris, D. 2001. Colour changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 48, 219-225.
- Lalas, S. 2009. Quality of frying oil, In: *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. Sahin, S. and Sumnu, S. G. (eds.), CRC Press, 57-75, U. S.
- Li, C. M., Kimura, F., Endo, Y., Maruyama, C. and Fujimoto, K. 2005. Deterioration of diacylglycerol- and triacylglycerol-rich oils during frying of potatoes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107, 173-179.
- Malecka, M. 1994. The effect of squalene on the thermostability of rapeseed oil. *Die Nahrung*, 38, 135-140.
- Marinova, E. M. and Yanishlieva, N. V. 1994. Effect of lipid unsaturation on the antioxidant activity of some phenolic acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 427-434.
- Márquez, G. and Añón, M. C. 1986. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. *Journal of Food Science*, 51(1), 157-160.
- Martinello, M., Hecker, G. and Pramparo, M. C. 2007. Grape seed oil deacidification by molecular distillation: Analysis of operative variables influence using the response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 81, 60-64.
- Martins, P. F., Ito, V. M., Batistella, C. B. and Maciel, M. R. W. 2006. Free fatty acid separation from vegetable oil deodorizer distillate using molecular distillation process. *Separation and Purification Technology*, 48, 78-84.
- Matthäus, B. 2006. Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 200-211.
- Mazza, G. and Qi, H. 1992. Effect of after-cooking darkening inhibitors on stability of frying oil and quality of French fries. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69, 847-853.

- Moraes, E. B., Martins, P. F., Batistella, C. B., Alvarez, M. E. T., Filho, R. M. and Maciel, M. R. W. 2006. Molecular distillation: A powerful technology for obtaining tocopherols from soya sludge. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 129-132, 1066-1076.
- Mottram, D. S. and Wedzicha, B. L. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448-449.
- Normand, L., Eskin, N. A. M. and Przybylski, R. 2001. Effect of tocopherols on the frying stability of regular and modified canola oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(4), 369-373.
- Normand, L., Eskin, N. A. M. and Przybylski, R. 2006. Comparison of the frying stability of regular and high-oleic acid sunflower oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(4), 331-334.
- Nouredini, H., Harkey, D. W. and Gutsman, M. R. 2004. A continuous process for the glycerolysis of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(2), 203-207.
- Papadakis, S. E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R. E. and Yam, K. L. 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. *Food Technology*, 54(12), 48-51.
- Paul, S. and Mittal, G. S. 1997. Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 635-662.
- Pedreschi, F., Moyano, P., Kaack, K. and Granby, K. 2005. Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Research International*, 38, 1-9.
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K. and Granby, K. 2007. Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 79, 786-793.
- Pietsch, A. and Jaeger, P. 2007. Concentration of squalene from shark liver oil by short-path distillation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 1077-1082.
- Plessis, L. M. and Meredith, A. J. 1999. Palm olein quality parameter changes during industrial production of potato chips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(6), 731-738.
- Posada, L. R., Shi, J., Kakuda, Y. and Xue, S. J. 2007. Extraction of tocotrienols from palm fatty acid distillates using molecular distillation. *Separation and Purification Technology*, 57, 220-229.

- Przybylski, R. and Eskin, N. A. M. 1988. A comparative study on the effectiveness of nitrogen or carbon dioxide flushing in preventing oxidation during the heating of oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 629-633.
- Przybylski, R. and Zambiasi, R. C. 2000. Predicting oxidative stability of vegetable oils using neural network system and endogenous oil components. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(9), 925-932.
- Ramamurthi, S. and McCurdy, A. R. 1993. Enzymatic pretreatment of deodorizer distillate for concentration of sterols and tocopherols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70(3), 287-295.
- Romero, A., Cuesta, C. and Sánchez-Muniz, F. J. 1998. Effect of oil replenishment during deep-fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 161-167.
- Rossell, J. B. 2001. *Frying-Improving quality*. Woodhead Publishing Limited, 369, England.
- Rossi, M., Alamprese, C. and Ratti, S. 2007. Tocopherols and tocotrienols as free radical-scavengers in refined vegetable oils and their stability during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 102, 812-817.
- Rudzińska, M., Korczak, J. and Wąsowicz, E. 2005. Changes in phytosterols and their oxidation products during frying of French fries in rapeseed oil. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 14/55(4), 381-387.
- Sahin, S. and Sumnu, S. G. 2009. *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. CRC Press, 310, U. S.
- Scanlon, M. G., Roller, R., Mazza, G. and Pritchard, M. K. 1994. Computerized video image analysis to quantify color of potato chips. *American Potato Journal*, 71, 717-733.
- Segnini, S., Dejmek, P. and Öste, R. 1999. A low cost video technique for colour measurement of potato chips. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 32, 216-222.
- Shi, J., Posada, L. R., Kakuda, Y. and Xue, S. J. 2007. Molecular distillation of palm oil distillates: Evaporation rates, relative volatility and distribution coefficients of tocotrienols and other minor components. *Separation Science and Technology*, 42, 3029-3048.
- Shimizu, M., Moriwaki, J., Nishide, T. and Nakajima, Y. 2004. Thermal deterioration of diacylglycerol and triacylglycerol oils during deep-frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81, 571-576.

- Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Robert, M. C. and Riediker, S. 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, 419, 449-450.
- Sun, H., Wiesenborn, D., Tostenson, K., Gillespie, J. and Rayas-Duarte, P. 1997. Fractionation of squalene from amaranth seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(4), 413-418.
- Szelag, H. and Zwierzykowski, W. 1983. The application of molecular distillation to obtain high concentration of monoglycerides. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 85, 443-446.
- Takeoka, G. R., Full, G. H. and Dao, L. T. 1997. Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3244-3249.
- Tompkins, C. and Perkins, E. G. 1999. The evaluation of frying oils with the *p*-anisidine value. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 945-947.
- Tompkins, C. and Perkins, E. G. 2000. Frying performance of low-linolenic acid soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 223-229.
- Tseng, Y. C., Moreira, R. and Sun, X. 1996. Total frying-use time effects on soybean-oil deterioration and on tortilla chip quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 287-294.
- Tyagi, V. K. and Vasishtha, A. K. 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(4), 499-506.
- Velasco, J., Marmesat, S. and Dobarganes, M. C. 2009. Chemistry of frying. In: *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. Sahin, S. and Sumnu, S. G. (eds.), CRC Press, 33-51, U. S.
- Warner, K. and Knowlton, S. 1997. Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(10), 1317-1322.
- Warner, K. 2009. Flavor changes during frying. In: *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. Sahin, S. and Sumnu, S. G. (eds.), CRC Press, 201-212, U. S.
- Watanabe, Y., Nagao, T., Hirota, Y., Kitano, M. and Shimada, Y. 2004. Purification of tocopherols and phytosterols by a two-step *in situ* enzymatic reaction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(4), 339-345.
- Winkler, J. K. and Warner, K. 2008. Effect of phytosterol structure on thermal polymerization of heated soybean oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 1068-1077.

- Xu, X. Q., Tran, V. H., Palmer, M., White, K. and Salisbury, P. 1999. Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep-frying oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 1091-1099.
- Yang, T., Zhang, H., Mu, H., Sinclair, A. J. and Xu, X. 2004. Diacylglycerols from butterfat: Production by glycerolysis and short-path distillation and analysis of physical properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81, 979-987.
- Yasahura, A., Tanaka, Y., Hengel, M. and Shibamoto, T. 2003. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3999-4003.
- Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A., Rizzi, G. P. and Villagran, M. D. 2003. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4782-4787.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kübra ŞAHİN ÖZKAN
Doğum Yeri : GİRESUN
Doğum Tarihi : 15.07.1983
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Giresun Lisesi/Yabancı Dil Ağırlıklı (2001)
Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği
Bölümü (2006)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği
Anabilim Dalı (2009)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü(2007-...)

A) Scı ve Scı-expanded Kapsamındaki Yayınlar

A1. Mert, B., Erinc, H., **Sahin, K.**, Tekin, A. 2013. Rheological and Microscopic Properties of Fat Blends with Similar Solid Fat Content but Different *Trans* Composition. Journal of the American Oil Chemists' Society, 90; 17-26.

B) Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

B1. Ozkan, S.K., Ketenoglu, O., Tekin, A. 2014. Trans Fatty Acids History of Turkey. 2nd International Congress on Food Technology, Abstracts, November, 05-07, Kuşadası, Turkey.

- B2. Şahin, K., Ketenoğlu, O., Yorulmaz, A., Tekin, A.** 2013. Effects of Partial Glycerides, Squalen and Free Fatty Acids on Frying Stability of Olive Pomace Oil. 11th Euro Fed Lipid Congress and 30th ISF lecture series, Abstracts, October, 27-30, Antalya, Turkey.
- B3. Ketenoğlu, O., Şahin, K., Yasdag, T., Yorulmaz, A., Tekin, A.** 2013. Comparison of Frying Stabilities of Olive Pomace Oil and Palm Olein. 11th Euro Fed Lipid Congress and 30th ISF lecture series, Abstracts, October, 27-30, Antalya, Turkey.
- B4. Şahin, K., Ketenoğlu, O., Yorulmaz, A., Tekin, A.** 2012. Effects of Different Distillation Conditions on Minor Compounds of Olive Pomace Oil. 10th Euro Fed Lipid Congress, Abstracts, September, 23-26, Cracow, Poland.
- B5. Yaşdağ, T., Ketenoğlu, O., Tekin, A., Şahin, K.** 2011. Frying Stability Assessment of Olive Pomace Oil in Comparison with Sunflower Oil. World Conference on Oilseed Processing, Fats & Oils Processing, Biofuels & Applications, Abstracts, June, 21-23, İzmir.
- B6. Turhan, S., Şahin, K., Şimşek, A., Yorulmaz, A., Tekin, A., Ketenoğlu, O.** 2011. Triacylglycerol Structures of Hazelnut Oils. World Conference on Oilseed Processing, Fats & Oils Processing, Biofuels & Applications, Abstracts, June, 21-23, İzmir.
- B7. Tekin, A., Şahin K.** 2010. Toplu Beslenme Hizmeti Verilen Kurumlarda Kullanılması Uygun Olan Kızartma Yağları ve Kalite Özellikleri. VII. Uluslar arası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Bildiriler, 14-18 Nisan, İstanbul.
- B8. Çalışkan, T., Tekin, A., Şahin, K., Ketenoğlu, O.** 2010. Effects of Batch Refining Procedures on the Isomer Formation and Oxidative Stability of Vegetable Oils. Proceedings of The 1st International Symposium on ‘Traditional Foods From Adriatic to Caucasus’, Abstracts, April, 15-17, Tekirdağ.
- B9. Mert B, Tekin A, Şahin K, Erinc H.** 2009. Effect of *trans* fat content on rheology of dough and texture of cookie. 100th AOCS Annual Meeting&Expo, Abstracts, May 3-6, USA.

C) Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

C1. Erdoğan, K.M.N., **Özkan, Ş.K.**, Ketenoğlu, O., Ünal, G., Moldabay, A., Karabacak, B.Z., Yalçın, M., Tekin, A. 2015. Doğal ve Yapay Antioksidanların Rafine Ayçiçek Yağının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Etkisi. Yabited II. Bitkisel Yağ Kongresi, Bildiriler, 07-09, Mayıs, Tekirdağ.

C2. Ketenoğlu, O., **Şahin, K.**, Tekin, A. 2012. Gıda Sanayiinde Vakumda Damıtma Teknikleri ve Uygulama Alanları. Türkiye 11. Gıda Kongresi, Bildiriler, 10-12, Ekim, Hatay.

C3. **Şahin, K.**, Ketenoğlu, O., Tekin A. 2012. Pirina ve Soya Yağlarının Kızartma Stabilitelerinin Karşılaştırılması. Yabited I. Bitkisel Yağ Kongresi, Bildiriler, 12-14, Nisan, Adana.

C4. Ketenoğlu, O., **Şahin, K.**, Tekin A. 2012. Kızartma Yağlarının Kalitesi Üzerine Etki Eden Faktörler. Yabited I. Bitkisel Yağ Kongresi, Bildiriler, 12-14, Nisan, Adana.

C5. Mert, B., **Şahin, K.**, Erinç, H., Tekin, A. 2012. Yağlarda ve Fırıncılık Ürünlerinde Trans Asit Azalmasıyla Meydana Gelen Reolojik ve Tekstürel Değişimler. Yabited I. Bitkisel Yağ Kongresi, Bildiriler, 12-14, Nisan, Adana.

C6. **Şahin K**, Mert B, Erinç H, Tekin A, 2009. Yağlarda trans yağ ve reoloji ilişkisi. Gıda Mühendisliği 6. Kongresi, Bildiriler, 06-08 Kasım 2009, Antalya.

C7. **Şahin K**, Yorulmaz A, Tekin A, 2008. Zeytinyağı Sterolleri. I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, Bildiriler, 17-18 Mayıs, Balıkesir.

C8. **Şahin K**, Mert B, Tekin A, 2008. Trans yağ asitleri ve Ürünlerdeki Etkileri. Bitkisel Yemeklik Yağlar Sempozyum ve Sergisi, Bildiriler, 8-10 Mayıs, Adana.