

**KANOLA YAĞINDA DERİN KIZARTMA SIRASINDA
MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER İLE EKLENEN
 α -TOKOFEROL VE ASKORBİL PALMİTATIN KANOLA
YAĞININ TERMİK OKSİDASYONUNA ANTİOKSİDATİF
ETKİLERİ**

**CHANGES TAKING PLACE IN CANOLA OIL DURING DEEP
FRYING AND ANTIOXIDATIVE EFFECTS OF
 α -TOCOPHEROL AND ASCORBYL PALMITATE ON
THERMAL OXIDATION OF CANOLA OIL**

BARAN ÖNAL

Hacettepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ

olarak hazırlanmıştır

2002

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından, **GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....
Prof. Dr. Muammer KAYAHAN

Üye(Danışman) :.....
Prof.Dr. Gürol ERGİN

Üye :.....
Doç. Dr. Aziz TEKİN

ONAY

Bu tez/...../ 2002 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirtilen yukardaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

....../...../2002

Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

KANOLA YAĞINDA DERİN KIZARTMA SIRASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER İLE EKLENEN α -TOKOFEROL VE ASKORBİL PALMITATIN KANOLA YAĞININ TERMİK OKSİDASYONUNA ANTİOKSİDATİF ETKİLERİ

Baran Önal

Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

ÖZ

Derin yağda patates kızartılması sırasında, kanola yağının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kızartma periyoduna ve yağa eklenen 200 ppm α -tokoferol ve 200 ppm askorbil palmitatın etkilerine bağlı olarak meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Her örnek, 24 saat ara ile 10 gün ve 7 gün ara ile 10 hafta süresince kızartma işleminde kullanılmıştır.

Günlük ve haftalık periyotlarla yapılan tüm kızartmalarda, kızartma sayısı arttıkça kırılma indisi, serbest yağ asiti, UV absorpsiyon (232 ve 270 nm'deki absorbans), 'a' ve 'b' renk değerleri ile doymuş yağ asiti miktarı artmıştır. Buna karşılık dumanlanma noktası, 'L' renk, iyot sayısı değerleri, doymamış yağ asidi miktarı ve $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı azalmıştır.

Serbest asitlik ve 'a' renk değeri ($p<0,05$) ile $C_{18:2}/C_{16:0}$ ($p<0,10$) oranı dışındaki diğer tüm analizlerde, antioksidansız yağın günlük ve haftalık kızartmalarında elde edilen değerler arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Günlük kızartmalarda; antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arasındaki fark serbest asitlik, $E_{232}^{%1}$, dumanlanma noktası, 'L' ve 'a' renk değerleri bakımından $p<0,05$ düzeyinde, iyot sayısı doymuş ve doymamış yağ asidi miktarı ve $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı bakımından $p<0,10$ düzeyinde önemli bulunmuştur

Haftalık kızartmalarda ise antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arasındaki fark serbest asitlik, $E_{232}^{%1}$, dumanlanma noktası, 'L', 'a', 'b' renk değerleri ($p<0,05$) ile iyot sayısı, doymuş ve doymamış yağ asidi miktarı ve $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı için ($p<0,10$) önemli bulunmuştur

Anahtar Kelimeler: Kanola yağı, derin kızartma, antioksidan, α -tokoferol, askorbil palmitat.

Danışman: Prof.Dr. Gürol ERGİN, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

CHANGES TAKING PLACE IN CANOLA OIL DURING DEEP FRYING AND ANTIOXIDATIVE EFFECTS OF α -TOCOPHEROL AND ASCORBYL PALMITATE ON THERMAL OXIDATION OF CANOLA OIL

Baran Önal

Hacettepe University, Department of Food Engineering

ABSTRACT

Changes occurred in the physical and chemical properties of the canola oil during deep-fat frying of potatoes were investigated with respect to frying period and the effects of 200 ppm α -tocopherol and 200 ppm ascorbyl palmitate. By using each sample, frying process was applied for having intervals of 24 hour for 10 days and 7 day for 10 weeks.

In all of the daily and weekly frying processes, refractive index, free fatty acids, UV absorption (absorption at 232 and 270 nm), 'a' and 'b' color values, saturated fatty acids level increased with increased number of the frying process. However, smoke point, 'L' color, iodine values, unsaturated fatty acids levels and $C_{18:2}/C_{16:0}$ ratio decreased with increased number of the frying process.

In all analysis except free fatty acid, 'a' color value ($p < 0,05$), and $C_{18:2}/C_{16:0}$ ratio ($p < 0,10$), the difference between daily and weekly fryings values of canola oil without antioxidant was found non-significant.

Difference between canola oil with and without antioxidant was found significant with respect to free fatty acids, $E_{232}^{1\%}$, 'L' and 'a' color values ($p < 0,05$), iodine values, saturated and unsaturated fatty acids levels and $C_{18:2}/C_{16:0}$ ratio ($p < 0,10$) in daily fryings

In weekly fryings, the difference between canola oil with and without antioxidant was found significant for free fatty acids, $E_{232}^{1\%}$, smoke point, 'L', 'a', 'b' color values ($p < 0,05$), and iodine values, saturated and unsaturated fatty acids levels and $C_{18:2}/C_{16:0}$ ratio ($p < 0,10$)

Keywords: Canola oil, deep frying, antioxidant, α -tocopherol, ascorbyl palmitate.

Advisor: Prof.Dr. Gürol ERGİN, Hacettepe University, Department of Food Engineering

TEŞEKKÜR

Engin bilgi ve deneyiminden yararlandığım, çalışmamın yönlendirilmesinde gösterdiği ilgiden ve yardımlarından dolayı değerli hocam sayın Prof. Dr. Gürol Ergin'e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez örneklerimin teminini, GC'de yağ asidi bileşimi ve dumanlanma noktası analizlerini Ege yağ sanayi laboratuvarlarında yapmamı sağlayan Ege Yağ Sanayi A.Ş. Genel Müdürü Faruk Sarı'ya , tezimin her aşamasında yardımını esirgemeyen Araştırma Geliştirme Müdürü Fikret Gökçınar'a ve sonra Ege Yağ Laboratuvar çalışanlarından, Yusuf Yavaş ve Esra Filiz, Üretim Müdürü Yılmaz Yöğrük'e minnetlerimi ve teşekkürlerimi sunarım. Projemi destekleyen Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonuna, tezimde kullandığım antioksidanları gönderen Unilever firmasına ve renk tayinini yapmamı sağlayan Evyap Yağ ve Sabun Sanayi A.Ş. ARGE Müdürü Mine Dahi'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Projemin yazılmasında ve tezimin her aşamasında desteğini ve yardımını gördüğüm Arş.Gör.Semra Yaprak'a,

Projemin yazılmasında bana yardım eden yakın arkadaşım Uçak Mühendisi Çağrı Karcı'ya,

Tezimin yazılmasında yardımcı olan, her zaman desteğini ve yardımını gördüğüm arkadaşım Bilgisayar Mühendisi Erman Ulusoy'a

Bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan ve Ankara dışındaki çalışmalarımı destekleyen Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Jale Acar'a,

Araştırma sonuçlarımın istatistiksel olarak değerlendirilmesindeki katkılarından dolayı H.Ü. İstatistik Bölümü'nden Araş.Gör. Serpil Aktaş'a,

Araştırma sonuçlandırılıncaya kadar her zaman maddi ve özellikle de manevi desteklerini gördüğüm değerli annem ve babama,

içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. TEMEL BİLGİLER	6
2.1. Kızartma işleminin teorisi.....	6
2.2. Derin yağda kızartma.....	7
2.3. Yağ ne zaman ve nasıl bozulur ?.....	8
2.4. Uçucu ve uçucu olmayan parçalanma ürünleri.....	10
2.5. Yağ parçalanmasını belirlemeye yönelik testler.....	11
2.6. Kızartma yağı ne zaman değiştirilmeli ?.....	14
2.7. Yağ parçalanması nasıl engellenir ?.....	15
2.7.1. Uyulması önerilen genel kurallar.....	15
2.7.2. Kullanılan katkı maddeleri.....	16
2.8. Parçalanmanın sağlığa etkisi.....	18
3 LİTERATÜR ÖZETİ	19
4. MATERYAL VE METOD	29
4.1. Materyal.....	29
4.2. Metod.....	29
4.2.1. Araştırma planı.....	29
4.2.2. Derin yağda kızartma işlemleri.....	29
4.2.3. Fiziksel ölçüm yöntemleri.....	30
4.2.3.1 Kırılma indisi.....	30
4.2.3.2 Dumanlanma noktası.....	30
4.2.3.3 Renk tayini.....	30
4.2.3.4. UV absorpsiyon.....	31

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (DEVAMI)

4.2.4.	Kimyasal ölçüm yöntemleri.....	31
4.2.4.1.	Serbest asitlik.....	31
4.2.4.2.	İyot sayısı.....	31
4.2.4.3	Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi.....	31
4.2.4.3.1.	Yağ asidi metil esterlerinin hazırlanması.....	31
4.2.4.3.2.	Kromatografide tanımlama.....	32
4.2.5	İstatistiksel değerlendirme.....	33
5.	ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	34
5.1.	Fiziksel ölçüm sonuçları.....	34
5.1.1.	Kırılma indisi.....	34
5.1.2.	Dumanlanma noktası.....	37
5.1.3.	Renk tayini.....	41
5.1.4.	UV absorpsiyon.....	51
5.2.	Kimyasal ölçüm sonuçları.....	58
5.2.1.	Serbest asitlik.....	58
5.2.2.	İyot sayısı.....	63
5.2.3.	Yağ asidi kompozisyonunda meydana gelen değişmeler.....	67
5.2.3.1.	C _{18:2} /C _{16:0} oranında meydana gelen değişmeler.....	86
6.	SONUÇLAR.....	90
7.	KAYNAKLAR.....	92
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Kızartma işlemi.....	3
Şekil 2.1. Kızartma anında oluşan değişiklikler.....	9
Şekil 5.1.1. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan kırılma indisi değerleri.....	36
Şekil 5.1.2. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan dumanlanma noktası değerleri.....	39
Şekil 5.1.3. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan 'L' renk değerleri.....	43
Şekil 5.1.4. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan 'a' renk değerleri.....	45
Şekil 5.1.5. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan 'b' renk değerleri.....	47
Şekil 5.1.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan 232 nm'deki E232%1 UV absorbands değerler.....	53
Şekil 5.1.7. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan 270 nm'deki E270%1 UV absorbands değerleri.....	55
Şekil 5.2.1. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan serbest yağ asidi değerleri.....	60
Şekil 5.2.2. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan iyot sayısı değerleri.....	65
Şekil 5.2.3. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan % palmitik asit değerleri.....	69
Şekil 5.2.4. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan % stearik asit değerleri.....	72
Şekil 5.2.5. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan % oleik asit değerleri.....	74
Şekil 5.2.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan % linoleik asit değerleri.....	77
Şekil 5.2.7. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan % linolenik asit değerleri.....	79
Şekil 5.2.8. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan % toplam doymuş yağ asiti değerleri.....	81
Şekil 5.2.9. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan % toplam doymamış yağ asiti değerleri.....	84
Şekil 5.2.10. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan C _{18:2} /C _{16:0} oranları.....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Kanola yağının genel yağ asidi bileşimi.....	2
Çizelge 2.1. Yağın parçalanma reaksiyonları.....	8
Çizelge 2.2. Derin yağda kızartmada kullanılan kalite kontrol testleri.....	13
Çizelge 4.2.1. Kullanılan gaz-kromatografisi aleti ve çalışma koşulları.....	33
Çizelge 5.1.1. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait kırılma indisi değerleri.....	35
Çizelge 5.1.2. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait dumanlanma noktası değerleri.....	38
Çizelge 5.1.3. Günlük kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 5.1.4. Haftalık kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 5.1.5. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 'L' renk değerleri.....	42
Çizelge 5.1.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 'a' renk değerleri.....	44
Çizelge 5.1.7. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 'b' renk değerleri.....	46
Çizelge 5.1.8. Günlük kızartmalara ilişkin 'L' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	48
Çizelge 5.1.9. Haftalık kızartmalara ilişkin 'L' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	48
Çizelge 5.1.10. Günlük kızartmalara ilişkin 'a' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	49
Çizelge 5.1.11. Haftalık kızartmalara ilişkin 'a' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	50
Çizelge 5.1.12. Günlük kızartmalara ilişkin 'b' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	50
Çizelge 5.1.13. Haftalık kızartmalara ilişkin 'b' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	51
Çizelge 5.1.14. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 232 nm'deki $E_{232}^{%1}$ UV absorbans değerleri.....	52
Çizelge 5.1.15. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 270 nm'deki $E_{270}^{%1}$ UV absorbans değerleri.....	54
Çizelge 5.1.16. Günlük kızartmalara ilişkin $E_{232}^{%1}$ değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAMI)

Çizelge 5.1.17. Haftalık kızartmalara ilişkin $E_{232}^{%1}$ değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	56
Çizelge 5.1.18. Günlük kızartmalara ilişkin $E_{270}^{%1}$ değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	57
Çizelge 5.1.19. Haftalık kızartmalara ilişkin $E_{270}^{%1}$ değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	57
Çizelge 5.2.1. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait serbest yağ asidi değerleri.....	59
Çizelge 5.2.2. Günlük kızartmalara ilişkin serbest yağ asidi değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	61
Çizelge 5.2.3. Haftalık kızartmalara ilişkin serbest yağ asidi değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	61
Çizelge 5.2.4. Günlük kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası ile serbest asitlik arasındaki korelasyon katsayısı.....	62
Çizelge 5.2.5. Haftalık kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası ile serbest asitlik arasındaki korelasyon katsayısı.....	62
Çizelge 5.2.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait iyot sayısı değerleri.....	63
Çizelge 5.2.7. Günlük kızartmalara ilişkin iyot sayısı değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	63
Çizelge 5.2.8. Haftalık kızartmalara ilişkin iyot sayısı değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	66
Çizelge 5.2.9. Kanola yağının genel yağ asidi kompozisyonu.....	67
Çizelge 5.2.10. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % palmitik asit değerleri.....	68
Çizelge 5.2.11. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % stearik asit değerleri.....	71
Çizelge 5.2.12. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % oleik asit değerleri.....	73
Çizelge 5.2.13. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % linoleik asit değerleri.....	76
Çizelge 5.2.14. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % linolenik asit değerleri.....	78
Çizelge 5.2.15. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % toplam doymuş yağ asiti değerleri.....	80
Çizelge 5.2.16. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % toplam doymamış yağ asiti değerleri.....	83
Çizelge 5.2.17. Günlük kızartmalara ilişkin iyot sayısı, doymamış yağ asidi miktarı ile kırılma indisi arasındaki korelasyon katsayısı.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAMI)

Çizelge 5.2.18. Haftalık kızartmalara ilişkin iyot sayısı, doymamış yağ asidi miktarı ile kırılma indisi arasındaki korelasyon katsayısı.....	85
Çizelge 5.2.19. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranları.....	87

1. GİRİŞ

Kolza (*Brassica napus*) aralarında turp, lahana ve hardalın bulunduğu Haçlılar familyasına (*Cruciferae*) dahil yıllık bir yağ bitkisidir. Kışlık ve yazlık türleri vardır. Kültür bitkileri içerisinde erken çiçek açan ve erken hasat edilen bir bitkidir. Bir çok yağ bitkisi sıcak iklimde yetişmesine karşın kolza hem kışlık hem yazlık ekilir. Tohumlarında yüksek oranda yağ (% 36-52) ve protein (% 20-25) bulunur. Ülkemizde Raps ve Rapiska adları ile de anılmaktadır (Zincirlioğlu,1997).

Kolza tohumları çeşidine ve yetiştirildiği çevre koşullarına göre değişen oranlarda zararlı maddeler içerebilmektedir. Bunlar kükürt içeren glikositler (glukosinolatlar) ile erusik asit ve eicosenoik gibi yağ asitleridir. Her iki grup da gerek insanlar için gerekse hayvanlar için zehir etkisi yapan maddelerdir (Zincirlioğlu,1997).

Kolza yağının % 20-50 oranında erusik asit ve küspesinin de yüksek oranda glukosinolat içermesi nedeniyle 1979 yılında Sağlık Bakanlığının girişimi ile kolza üretimi, işlenmesi, muhafazası, ticarete sevki, gıdalara katılması, yemeklik yağ olarak satılması ve küspesinin hayvan yemi olarak kullanılması yasaklanmıştır (Tekin ve Doğan,1991; Zincirlioğlu,1997).

Kolza tohumu yağca ve yaklaşık soya proteini değerinde proteince zengin olan çok önemli bir üründür. Bu nedenle Avrupa ve Amerika'da bu tohumdaki zararlı maddelerden kurtulmak için çalışmalar yapılmıştır. Değişik çeşitleri ele alınarak glukosinolat miktarı (gramında 30 mikromolün altına) ve yağındaki erusik asit miktarı yok denecek kadar düşük düzeylere indirilebilmiştir. Elde edilen yeni çeşitlerden % 5'e kadar erusik asit içerenler zero (sıfır) grubu içinde yer almaktadır. İsim olarak da değişik ticari isimler veya orijinal çeşidin ismi verilmiştir. Bunlar arasında en tanınanı Kanada'da geliştirilen Kanola'dır (Zincirlioğlu,1997).

Kanola yağı; *Brassica napus* ve *Brassica campestris* (rapa) tohumlarından genetik olarak modifiye edilerek Kanada'da üretilmiştir. Bu kùltivarlar düşük erusik asit ve düşük glikozinat içeriğine sahiptir. Bundan dolayı kanola yağı kimyasal, fiziksel ve besinsel özellikler bakımından yüksek erusik asitli kolza yağından farklıdır (Prkybylski, 1994). Kolza bitkisi, yıllarca endüstriyel yağ kaynağı olarak üretilmiş fakat yemeklik yağ olarak kullanımı ise yüksek erusik asit ve küspesindeki yüksek orandaki glikozinattan dolayı sınırlandırılmıştır (O'Brien, 1998). Zira yüksek erusik asitli kolza yağlarının laboratuvar hayvanlarında kalp ve kas lezyonlarına ve bunu

takiben de kalp rahatsızlıklarına yol açtığı gösterilmiştir (Tekin ve Doğan,1991; Prkybylski, 1994). 1985 yılında Birleşik Devletler (USA), Kanada'nın talebi üzerine düşük erusik asitli kolza yağını GRAS gıda maddesi olarak beyan etmiştir (Prkybylski, 1994; O'Brien, 1998).

Kanola yağı, düşük düzeyde doymuş yağ asidi (% 7), yüksek düzeyde tekli doymamış yağ asitleri (% 61, büyük çoğunluğu C18:1n-9, Oleik asit) ve orta düzeyde çoklu doymamış linoleik (% 21, C18:2n-6) ve linolenik (% 11, C18:3n-3) asit içeriği ile sağlıklı yağ asidi profiline sahiptir (Vaisey-Genser,1994; O'Brien, 1998).

Çizelge 1.1. Kanola yağının genel yağ asidi bileşimi (O'Brien,1998).

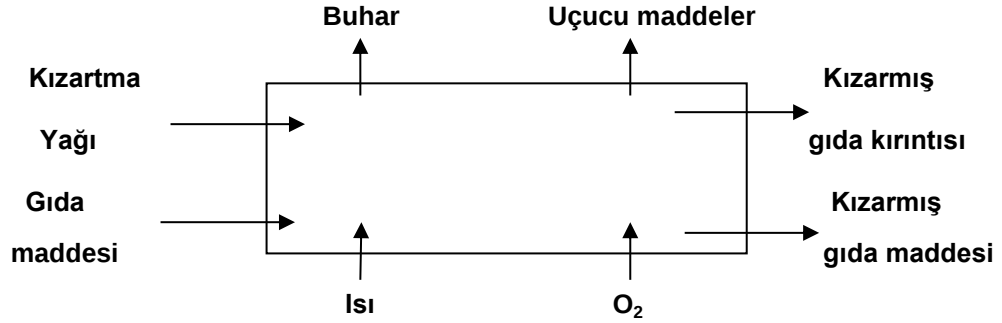
Yağ asidi	% miktar
C- 14:0	0,1
C- 16:0	4,1
C- 16:1	0,3
C- 17:0	0,1
C- 18:0	1,8
C- 18:1	60,9
C- 18:2	21,0
C- 18:3	8,8
C- 20:0	0,7
C- 20:1	1,0
C- 22:0	0,3
C- 22:1	0,7
C- 24:0	0,2

Kanola yağını içeren beslenme diyetlerinin; toplam ve LDL kolesterolünü düşürmede mısır, aspir, soya ya da ayçiçeği yağı içeren diyetlerle aynı düzeyde etkili olduğu bulunmuştur (McDonald, 1994). Göreceli olarak yüksek miktarda linolenik asit yemeklik yağlar içinde yalnızca soya ve kanola yağına özgüdür (Vaisey-Genser, 1994). Kanola yağı, diğer yağlardan klorofil ve sülfür içeriğiyle de ayrılmaktadır (O'Brien, 1998).

Ülkemizde beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak yağda kızartma yöntemi oldukça yaygındır. Isıtılmış derin yağ içinde uygun şekillerde hazırlanmış gıdaların pişirilmesi sürecine derin yağda kızartma denir (Sağlam ve Kutluay, 1983) ve derin yağda kızartma son yıllarda sanayi halinde gelişme göstermiştir

Derin yağda kızartmada, gıdanın tamamı sıcak yağa daldırılır ve yağ, ısı transfer ortamı olarak etkiye bulunur. Bu yolla pişirme, ısının daha kısa sürede ürünün içine iletilmesi nedeniyle fırında pişirmeden ve suda haşlamadan daha etkilidir (Stevenson et al., 1984). Kızartma işleminde sisteme giren maddelerin başında kızartma yağı ve gıda maddesi gelir. Yağı kızartma derecesine yükselten ısı enerjisi ve yağın havayla teması sonucu havanın oksijeni, sisteme ikinci derecede dahil birimlerdir (Alım, 1978).

Sistemden uzaklaşan ürünler ise başta kızarmış gıda maddesi olmak üzere buhar, düşük moleküllü ve uçucu özellikteki maddeler ile gıda maddesinden arta kalan kırıntılardır. Ayrıca yağın bir kısmı da gıda tarafından emilmektedir (Şekil 1.1.)



Şekil1.1. Kızartma işlemi (Alım, 1978).

Yüksek düzeyde okside olmuş ve ısıtılmış yağların toksik maddelerden ötürü potansiyel olarak kanserojenik özelliklere sahip olabilecekleri yolunda bazı kanıtlar vardır (Tyagi and Vasishta, 1996). Yapılan çalışmalar uzun süre kızartmada kullanılmış yağlarla beslenmenin deney hayvanlarında gelişme düzensizliklerine, karaciğer büyümesine, özellikle karaciğerde yağ nekrozuna yolaştığını; ayrıca oluşan di- ve polimer gliseritlerin bazı organların gelişimini yavaşlattığını göstermiştir (Severge, 1981). Kızartma yağlarının besinsel değeri ayrıca çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) kaybından da etkilenmektedir (Tyagi and Vasishta, 1996).

Yağlarda otoksidasyon sonucu zararlı maddelerin oluşumunu önlemek için kimi önlemlere ve teknolojik yöntemlere ek olarak antioksidanlar ve sinerjistler kullanılmaktadır. Antioksidanlar gıda sanayiinde bitkisel ve hayvansal maddelerin üretimi, depolanması ve taşınması sırasında oluşabilecek otoksidasyondan kaynaklanan renk değişimi, ransidite ve bozulmayı önleyici katkı maddeleridir. Gıdalarda yaygın olarak tokoferoller , BHA (bütilenmiş hidroksi anisol), PG (propil

gallat) ve TBHQ (tertiary bütillenmiş hidroksi quinon) kullanılmaktadır (Ergin, 1999).

Tokoferoller, bitkisel ve hayvansal dokularda yaygın olarak bulunan en önemli doğal antioksidanlardır (Stuckey, 1981). Tokoferoller birincil antioksidanlardır ve hidrojen ya da elektronu serbest radikallere vererek onları daha stabil ürünlere dönüştürmek suretiyle serbest radikal zincir reaksiyonunu durdururlar (Madhavi et al., 1996). Tokoferoller özellikle çoklu doymamış yağ asidi içeren yemeklik yağlarda bulunan antioksidanlardır. Yağın tokoferol içeriği rafinasyon işlemi sırasında meydana gelen kayıplarla azalmaktadır (Ergin, 1999). Tüm tokoferoller içinde en çok α -tokoferol bulunmaktadır ve biyolojik aktivitesi β -, γ - homologlarının iki katı ve δ - homologunun 100 katıdır (Madhavi et al., 1996).

Tokoferoller gibi başlıca antioksidanların antioksidatif etkileri, antioksidan radikallerine hidrojen atomu vererek antioksidanı rejenere eden sinerjistlerle artırılabilir. Yaygın olarak kullanılan sinerjistler organik ve inorganik asitler, aminler, aminoasitler, nükleik asitler ve fosfatidlerdir. Bazı sinerjistlerin aynı zamanda antioksidatif etkileri de vardır. Örneğin askorbil palmitat α -tokoferol gibi diğer antioksidanlarla kullanıldığında sinerjistik etkiye sahip olduğu gibi, yalnız başına kullanıldığında antioksidatif etkide de bulunmaktadır (Karabacak, 1996). Askorbil palmitat tek başına ya da tokoferol + lesitin ile birlikte kullanıldığında bitkisel yağlarda oldukça etkilidir. % 0,01 miktarındaki askorbil palmitat pek çok bitkisel yağın raf ömrünü arttırmıştır (Madhavi et al., 1996).

Ülkemizde kanola yağı piyasaya yeni girmiş bir yağ türüdür ve kullanımı mısır, ayçiçek ve zeytinyağına göre çok yaygın değildir. Tüketiciler, kızartmalarda hafif ve ekonomik olmasından dolayı öncelikle ayçiçek ve sonra da mısır yağını tercih etmektedirler. Piyasada tüketicinin kızartma işleminde kullanması için üretilmiş özel nitelikli yağlar bulunmamaktadır.

Kanola yağı, zeytinyağı gibi yüksek oleik asite sahiptir. Yapısındaki linolenik asit miktarı bakımından ise soya yağına benzemektedir. Kanola yağı yapısındaki çoklu doymamış yağ asitleri ile vücudun esansiyel yağ asitleri gereksinimini karşılamaktadır. Ayrıca kanola yağının sindirimi, uzun zincirli omega-3 yağ asitlerinin plazma ve trombosit fosfolipidlerindeki düzeyini arttırmaktadır (McDonald, 1994). Dolayısıyla kanola yağı sağlık açısından sağladığı yararlardan ötürü tüketilmesi önerilecek bir yağdır.

Bu çalışmada kanola yağının derin kızartma işleminde kullanılması ile bu yağda ortaya çıkan değişimler ve bu yağa katılan 200 ppm α -tokoferol + 200 ppm askorbil palmitatın derin kızartma işleminde ortaya çıkan bu değişimleri etkileme düzeyi araştırılmıştır.

2. TEMEL BİLGİLER

Yağlar, kimyasal olarak, üç değerli bir alkol olan gliserolle değişik zincir uzunluğu ve yapısındaki yağ asitlerinden oluşmuş esterlerin (trigliserit) bir karışımıdır. Buna bağlı olarak da yağlarda meydana gelen bozulmalar ya trigliserit molekülünün ester bağlarında, ya asit radikallerinde veya bunların her ikisinde birden oluşur (Kayahan, 1975).

Derin yağda kızartma sırasında katı ve sıvı yağlar, atmosferik oksijen varlığında yüksek sıcaklıklarda tekrar tekrar kullanılmakta ve maksimum oksidatif ve termik etkiye maruz kalmaktadırlar. Hava varlığındaki ısıtma, yağda zincir parçalanması sonucu oluşan uçucu ürünlere, uçucu olmayan okside olmuş türevlere, dimerik ve polimerik ya da siklik maddelerin kısmi dönüşümüne yol açmaktadır. Derin yağda kızartma, ısı transfer ortamının (yağın) özelliklerini etkilediği gibi kızartılan gıdanın kalitesini de etkilemektedir. Kimyasal ve fiziksel değişiklikler proses (kızartma) süresini uzatabilmekte, üründe kalan toplam yağ miktarını arttırabilmekte, toksisiteye neden olabilmekte ve gıdanın besinsel değerini düşürebilmektedir (Barbosa-Canovas, 1999).

Yağ asitlerinin otoksidasyonu, hidrokarbon zincirinde karbon-hidrojen bağına bir molekül oksijenin bir hidroperoksit vermek üzere katılmasıdır. Oluşan hidroperoksit genellikle R-O-OH şeklinde gösterilir (Nergiz ve Ünal, 1986).

Yüksek sıcaklıklarda hidroperoksitlerin parçalanması ile oluşan ikincil oksidasyon oldukça hızlıdır. Son tepkimeler olan dimerizasyon, molekül içi siklizasyon, otoksidasyon ve hidroperoksitlerin pozisyon izomerizasyonu karbon-oksijen bağının ayrışmasıyla oluşur (Nawar, 1985). İkincil oksidasyon ürünleri genellikle kokusuzdurlar, ancak tatsız değildirler. Sıcaklık, daha ileri oksidasyon, ışık, metaller, asitler, bazlar ve peroksitler tarafından gerçekleştirilen parçalanmalarda oluşan kısa zincirli uçucu monomerlerin çoğu belirgin koku ve tad ile kendilerini belli ederler (Ergin, 1999).

2.1. Kızartma İşleminin Teorisi

Gıdaların kızgın yağ içinde kızarması, kızartma sırasında gerçekleşen kütle ve ısı transferlerinin kombinasyonu ile olmaktadır (Blumental, 1991).

Kızartma sırasında oluşan ısı, gıdaya transfer edilir ve gıda hızla ısınır. Gıda yüzeyindeki su, kaynama noktasına ulaştığında gıdanın üzeri buharla kaplanır. Kızartma yağının sıcaklığı gıda eklenmesinden dolayı düşer ve gıda içindeki su, iç bölgeden dış yüzeye doğru akarken gıda içindeki sıcaklık yavaşça artarak 100 °C civarında kalır. Oluşan buhar, gıdanın dış yüzeyinden iç bölgesine doğru olan yağ girişini sınırlar. Ayrıca buhar yağın termal enerjisinin büyük kısmını alır ve böylece gıdanın yanmadan ya da kavrulmadan kızarması sağlanır. Kızaran gıdada iki karakteristik bölge oluşur. Esas değişimlerin gerçekleştiği dehidre olmuş yüzey (kabuk) ile sıcaklığın 100 °C'yi aşmadığı iç bölgedir (Dobarganes et al., 2000).

Yüzeyde oluşan kabuk farklı boyutlarda kapiler borulardan oluşan poröz bir yapıya sahiptir. Kızartma sırasında hem su hem de su buharı öncelikle geniş kapiler borulardan uzaklaşır ve sıcak yağla yer değiştirir. Gıdanın nemli iç bölgesi ile susuz yağ arasındaki su buharı basınç farkı ve su kaybı bu değişimin itici güçleridir (Fellows, 2000).

Suyun gıdanın iç bölgesinden dış bölgesine hareketi sırasında suda çözünen gıda materyalleri ile gıdadan kopan partiküller de yağa geçmektedir. Yağa geçen ve yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine yol açan önemli bileşikler arasında fosfolipidler ve emülsifiyerler gibi köpüklenmeye neden olan bileşikler, yağda çözünen vitaminler ve eser miktardaki metaller, kolesterol (hayvansal gıdalardan geçen), pigmentler ve Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünler ile fenolik bileşikler yer almaktadır (Dobarganes et al., 2000).

2.2. Derin Yağda Kızartma

Sıcak yağ içinde ısı transferi, konveksiyon ve gıdanın iç bölgesine doğru olan kondüksiyonun kombinasyonundan oluşmaktadır. Isı transfer hızı ise yağ ile gıda arasındaki sıcaklık farkı ve gıda yüzeyinin ısı transfer sabiti ile kontrol edilmektedir. Gıdanın tüm yüzeyleri aynı ısı işleme maruz kalarak uniform renge ve görünüme sahip olmaktadır. Derin yağda kızartma her biçimdeki gıda için uygundur, fakat yüzey/kütle oranı büyük olan ve düzgün bir şekli olmayan gıda ya da gıda parçaları fazla miktarda yağı absorblama ve taşıma eğilimindedir. Yüzeyden nemin buharlaşmaya başlamasından önce ısı transfer sabiti $250-300 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ 'dir, fakat kızartma ilerledikçe buharın gıdadan uzaklaşması sonucu oluşan şiddetli bir turbulans nedeniyle $800-1000 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ 'e yükselmektedir. Eğer buharlaşma çok

fazla olursa ince film halindeki su buharı, gıda çevresinde kalarak ısı transfer sabitini azaltmaktadır (Fellows, 2000).

2.3. Kızartmada Kullanılan Yağ Ne Zaman Ve Nasıl Bozulur ?

Kızartma yağları 3 farklı tip çevresel koşulun etkisine maruz kalmaktadır ve her çevresel koşulun yağ üzerine farklı bir etkisi vardır (Barbosa-Canovas, 1999).

Depolama periyodu; yağ üretilir üretilmez başlar ve kızartıcıya konulduktan sonra biter. Bu süre boyunca yağ oda sıcaklığında havanın etkisine maruz kalmaktadır.

Bekleme (Standby) periyodu; yağ kızartıcıda ısıtılırken geçen süredir. Bu periyot yağın kızartma sıcaklığına çıkartılması için geçen süre ile kızartma bittikten sonra yağın soğuması sırasında geçen zamanı içine alır. Bu periyot sırasında yağ, oda sıcaklığında havanın etkisine maruz kalmaktadır.

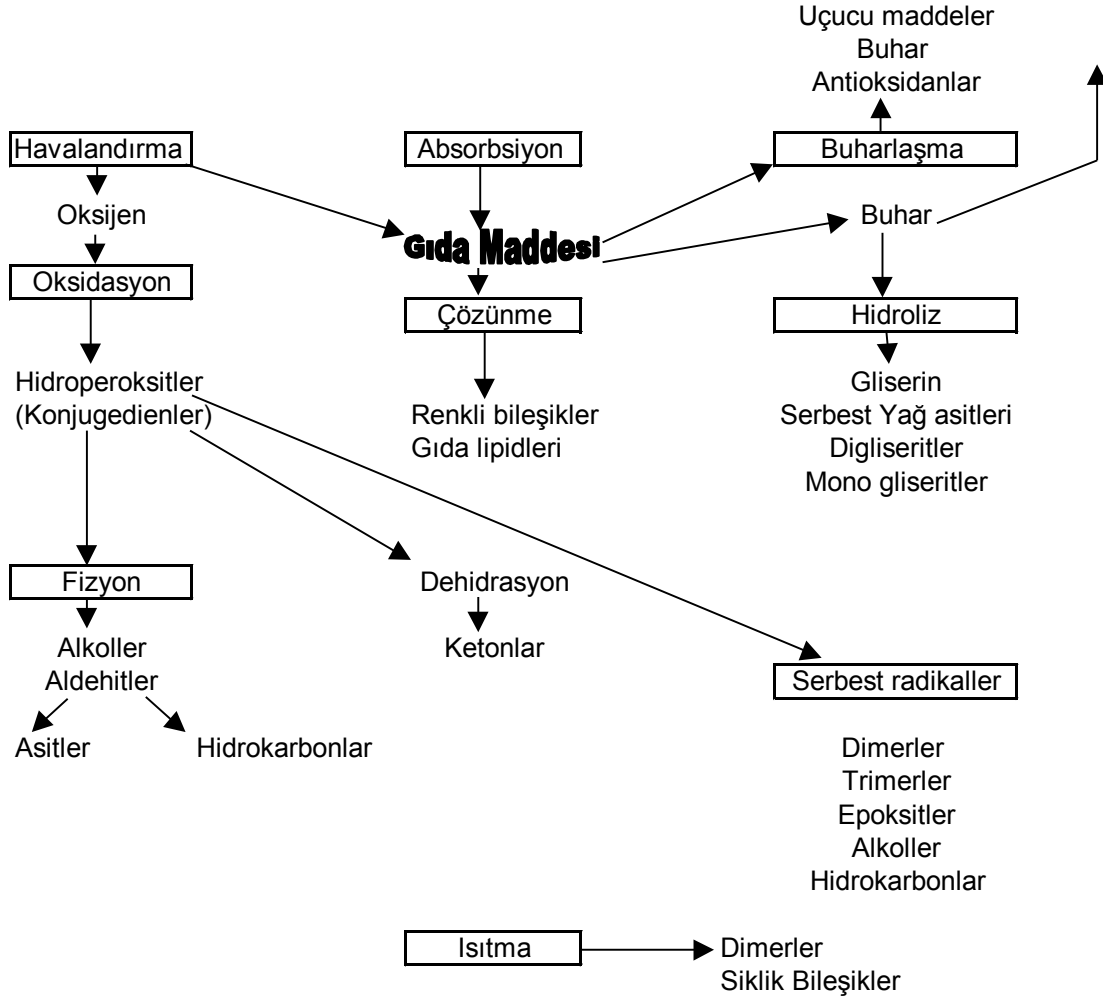
Kızartma periyodu ise yağın gerçekten kızartma amaçlı kullanıldığı zamandır. Yağ havaya, buhara, ısıya ve kızartılacak gıdaya maruz kalmaktadır.

Olası temel reaksiyonlar Çizelge 2.1’de gösterilmektedir. Kızartma yağının bozulmasını etkileyen çok sayıda faktör vardır: Bu faktörler, turnover (dönüşüm) hızı, kızartma prosesinin tipi, sıcaklık, aralıklı kızartma ve soğutma, kızartma yağının doymamışlık derecesi, gıda materyalinin türü, kızartıcının dizaynı ve bakımı, ışık ve filtre kullanımıdır (Stevenson et al., 1984; Paul and Mittal, 1996)

Çizelge 2.1. Yağın Parçalanma Reaksiyonları (E.A. McGill,1980).

<i>Periyot</i>	<i>Etken</i>	<i>Sıcaklık</i>	<i>Reaksiyon</i>	<i>Hız</i>
Depolama	Hava	Oda sıcaklığı	Oksidasyon	Yavaş
Bekleme	Hava	Yüksek sıcaklık	Oksidasyon İzomerizasyon Polimerizasyon Piroliz	Hızlı Hızlı Yavaş Yavaş
Kızartma	Hava,su,gıda	Yüksek sıcaklık	Oksidasyon İzomerizasyon Polimerizasyon Piroliz Hidroliz	Hızlı Hızlı Hızlı Hızlı Hızlı

Fritsch (1981), kızartma anında meydana gelen değişiklikleri Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi açıklamaktadır.



Şekil 2.1. Kızartma anında oluşan değişiklikler (Fritsch, 1981).

Şekil 2.1'de görüldüğü üzere kızgın yağ içine konulan gıda, suyun buharlaşma sıcaklığına kadar ısıtılır ve oluşan buhar yağda kaynama etkisi yapar. Bu etki yağdaki aerasyonu artırarak birincil oksidasyon ürünü olan hidroperoksit oluşumuyla birlikte yağın oksidasyonunun artmasına yol açar (Melton et al., 1994). Bu peroksitler çoğunlukla stabil değildir ve fizyon, dehidrasyon ve serbest radikal oluşumu ile uçucu (VDP) ve uçucu olmayan (NVDP) çeşitli ürünleri oluşturmak üzere parçalanırlar (Fritsch, 1981; Melton et al., 1994).

Hidroperoksitler fizyona uğrayarak alkoller, aldehitler, asitleri ve hidrokarbonları oluşturur. Bu oluşumlar da yağda tat ve koku değişimine ve renkte koyulaşmaya neden olur. Hidroperoksitler ketonların oluşumu için dehidrasyona uğrar ya da

dimerlerin, trimerlerin, epoksitlerin, alkollerin ve hidrokarbonların oluşumu için serbest radikaller oluşturur. Bunların hepsi viskozite artışına yol açmaktadır (Fritsch,1981; Stevenson et al.,1984).

Kızartılmış gıda maddesindeki su, serbest yağ asitleri, mono ve digliseritler ve gliserin oluşumuyla sonuçlanan hidrolize neden olur. Suyun bulunması pozitif bir etki de yaratır. Kızartıcının üzerinde buhar örtüsü oluşturarak, kızartma yağının hava ile ilişkisini azaltmaktadır (Stevenson et al., 1984).

Kızartma yağının kalitesinde oluşan son değişiklik, sıcaklığın etkisiyle gerçekleşen polimerizasyondan dolayı siklik bileşiklerin ve dimerlerin oluşmasıdır. Oluşan karbon- karbon (C-C) bağları tek bir yağ asitinin içinde oluşursa siklik yağ asitleri meydana gelir. C-C bağları, bir trigliserit molekülü içinde yer alan iki yağ asidi ya da iki ayrı trigliserit molekülünde bulunan iki yağ asidi arasında oluşursa dimerik asitler meydana gelir. Bu moleküller arasında ileri düzeydeki çapraz bağlanma yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerin oluşmasına yolaçar (White, 1991). Polimerizasyon yağın renginin koyulaşmasına, viskozitesinin ve köpüklenmesinin artmasına neden olmaktadır (Stevenson et al., 1984; Barbosa-Canovas, 1999).

Kızartılan gıdadaki renkli bileşiklerin ve gıda lipidlerinin çözünmesi de kullanılan yağda bulunan bileşiklerin çeşitliliğine ve parçalanma hızının artmasına katkıda bulunmaktadır (Melton et al., 1994).

Köpüklenme, yağda buhar balonlarını uzun süre bağlayarak hidrolizin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca temizlik amaçlı kullanılan kostik soda ve diğer alkaliler hidrolizin ilerlemesine yol açmaktadır ve bu maddelerin kullanıldıktan sonra iyi bir çalkalama ile uzaklaştırılması gerekmektedir. Bazen de kızartılacak gıdada bulunan kabartma tozu gibi kimyasallar hidrolizi ilerletmektedir (Barbosa-Canovas, 1999).

2.4. Ucucu Ve Uçucu Olmayan Parçalanma Ürünleri

Derin kızartma sırasında oluşan parçalanma ürünleri uçucu (VDP) ve uçucu olmayanlar (NVDP) olmak üzere ikiye ayrılır (Chang et al., 1978; Stevenson et al., 1984; White, 1991; Melton et al., 1994).

Uçucu parçalanma ürünleri, bir yandan kızartma sırasında oluşan buhar ile kızartma ortamından sürekli ayrılırken, diğer yandan devam eden oksidasyon, hidroliz ve termal ya da politik reaksiyonlar sonucu sürekli oluşmaktadır (Melton et al.,1994).

Kızartmanın dumanını ve kokusunu oluşturan VDP'ler düşük moleküler ağırlığa sahiptir ve bazı oksipolimerlerin ve doymamış yağ asitlerinin oksidatif bozulmalarından ileri gelirler. Uçucu parçalanma ürünleri başlıca karboksilik asitler, hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, esterler, alkoller ve aromatik bileşiklerdir (Chang et al., 1978; Serim, 1979; Fellows, 2000).

Chang et al. (1978), mısır yağı ve hidrojene pamuk yağı, trilinolein ve triolein ile yaptıkları derin kızartmalar sonucunda 220 VDP varlığını saptamışlardır.

Uçucu olmayan parçalanma ürünlerinin oluşumu termal oksidasyon ve kızartma ortamında doymamış yağ asitlerinin polimerizasyonuna bağlıdır. NVDP'ler kızartma yağında kalarak daha sonraki parçalanmaları teşvik etmektedir. Bu maddeler kızartılan gıda tarafından absorblanmakta ve sonuç olarak tüketici tarafından yenilmektedir (Stevenson et al., 1984). Uçucu olmayan parçalanma ürünlerinin başlıcaları serbest yağ asitleri, oksiasitler, oksipolimerler, siklik monomerler, dimerler, trimerler ve yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir (White, 1991; Serim, 1979).

Uçucu olmayan parçalanma ürünlerinin oluşumu ve ortamda artması kızartma yağında fiziksel ve kimyasal değişimlere yol açmaktadır. Fiziksel değişim olarak yağın viskozitesi, köpüklenmesi artar ve yağın rengi koyulaşır. Kimyasal değişim olarak serbest asitlik (FFA) miktarı, karbonil değeri, hidroksil içeriği, sabunlaşma sayısı artar; doymamışlık azalır ve sonuçta yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin miktarı da artar (Perkins, 1967).

Paradis and Nawar (1981), yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin artışının yağın bozulmasının iyi bir göstergesi olduğunu ve bunların buharlaşma yeteneklerinin çok az olduğunu belirtmiştir.

2.5. Yağ Parçalanmasını Belirlemeye Yönelik Testler

Kızartma yağlarında meydana gelen parçalanmanın ölçülmesine yönelik metodlar NVDP'lerin varlığına dayanmaktadır. NVDP'ler güvenilir indikatörlerdir, çünkü bu

maddeler uçucu değildir ve yağdaki birikimleri sabittir. NVDP varlığına dayanan metodlar arasında serbest asitlik (Fritsch, 1981; Stevenson et al., 1984), iyot sayısı, üreye bağlanmayan esterler ve viskozite yer almaktadır (Stevenson et al., 1984). Peroksit sayısı, kızartma yağlarındaki parçalanmanın saptanmasında iyi bir ölçüm yöntemi değildir; çünkü, peroksitler kızartma koşullarında stabil değildir (Fritsch, 1981; Melton et al.,1994).

Kızartma yağındaki parçalanmaları saptamaya yönelik standart metodlar arasında Toplam Polar Bileşikler (TPC), konjuge dienoik asit miktarı (232 nm'deki UV absorpsiyon), yağ asidi analizi ve 18:2/16:0 oranı yer almaktadır (White, 1991; Barbosa-Canovas, 1999).

Standart yöntemlerin rutin kalite kontrol uygulamaları için çok zaman alıcı olması ve çok fazla el emeği gerektirmesinden dolayı hızlı test sistemleri geliştirilmiştir (White, 1991; Barbosa-Canovas,1999; Gertz, 2000). Bu hızlı testler arasında polar moleküllerdeki artışı dielektrik sabitine dayalı olarak ölçen Food Oil Sensor, okside olmuş bileşiklere duyarlı kalorimetrik test kiti RAU-test ya da Oxifrit, karbonil bileşiklerine yönelik kalorimetrik test kiti Friest, serbest asitlik ölçümüne yönelik kalorimetrik test kiti Spot test, alkali kontaminant materyallerin ölçümüne yönelik test (ACM) ile relatif viskozite ve yoğunluk ölçümüne dayalı olarak polar moleküllerdeki artışı saptayan Fri-Check yer almaktadır (Fritsch et al., 1979; White,1991; Al-Kahtani,1991, Barbosa-Canovas,1999; Gertz, 2000). Bu metotların herbirinin temeli yağda gerçekleşen bir kimyasal değişimin saptanmasına dayanmaktadır (White, 1991).

Kızartma sırasında değişime uğrayan bileşikleri ayırmaya ve miktarlarını saptamaya yönelik kompleks yöntemler de geliştirilmiştir. Bunlar arasında gaz-sıvı kromatografisi ve exclusion kromatografisi yer almaktadır (White, 1991).

Derin yağda kızartmada kullanılan çok sayıdaki kalite kontrol testleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Derin yağda kızartmada kullanılan kalite kontrol testleri (Stevenson et al., 1984).

Fiziksel Testler		Kimyasal Testler
<u>Restaurantlar/ Yemek servisleri</u>	<u>Gıda Endüstrisi</u>	<u>Gıda Endüstrisi</u>
Renk	Dumanlanma noktası	FFA
Köpürme	Köpük yüksekliği	TPC
Koku	Renk	Peroksit Değeri
Yağı kullanma süresi	Kırılma indisi	İyot sayısı
Duyusal: Flavor, koku,	Duyusal: Flavor, koku,	AOM
pişmiş gıdanın yapısı	pişmiş gıdanın yapısı	Dimerler
		Karboniller
		Anizidin değeri
		Petrol eterde
		çözünmeyen madde
		NUAF(nonurea-
		adduct forming esters)

Smith et al. (1986), ticari derin kızartmada kullanılan shorteninglerdeki değişimi saptamak için çeşitli metotlar kullanmışlardır. Bunlar arasında dielektrik sabiti, TPC ve serbest asitlik ile kızartma süresi arasındaki ilişkinin yüksek olduğunu ve bu üç yöntemdeki artışlar arasında da yüksek bir korelasyon olduğunu bulmuşlardır.

Bazı araştırmacılar, yağın ısıdan etkilenmesinin ölçülmesinde serbest asitlik analizinin yeterli olmadığını belirtmektedir (Fritsch, 1981). Serbest asitlik, kızartma yağında trigliserit parçalanması sonucu meydana gelen birincil başlangıç ürünleridir. Serbest asitlik yüzdesi, yağ parçalanması ile doğrusal bir ilişki göstermediği için kızartma yağının kalitesini gösteren tek indeks olarak kullanılmamaktadır. Çünkü sıcaklık, ışık ve oksidasyon nedeniyle serbest asitler çok çeşitli polar materyallere dönüşmektedir. Bu nedenle serbest asitlik, yağın atılma zamanının belirlenmesinde kullanılacak iyi bir son nokta testi değildir. TPC testi bu amaç için çok daha uygundur (White, 1991; Barbosa-Canovas, 1999).

Araştırmacılar, Food Oil Sensor tarafından ölçülen dielektrik sabitindeki değişimin restaurantlardaki kızartma yağlarının kalite kontrolünün sağlanmasında çok yaygın olarak kullanıldığını belirtmektedir (White,1991). Dielektrik sabitinin artması bazı bileşiklerin polaritesinin artmasından kaynaklanmaktadır ve dielektrik sabiti arttıkça kızartma yağının viskozitesi, asit değeri ve refraktif indeks değeri artmaktadır (El-Shami et al., 1992).

Augustin et al. (1987), statik ısıtma ve patates cipslerinin aralıklı kızartılmaları sırasında yağda gerçekleşen bozulmanın ölçülmesine yönelik metotlar içerisinde iyot sayısı, 18:2/16:0 yağ asidi oranı, TPC ile dielektrik sabiti arasında doğrusal bir ilişki olduğunu, bunun yanında dumanlanma noktası, asit değeri ile TPC arasında ve polimer içerik ile TPC arasında doğrusal olmayan ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Xu (2000) tarafından kimyasal analizlerin yerini alabilecek spektrofotometrik hızlı bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem 490 nm'de absorbans ölçümüne dayanmaktadır. 190 ± 2 °C'de 8 saat/ gün olmak üzere toplam 10 gün yüksek oleik asitli kanola yağı kullanılarak French fries (hızlı dondurulmuş patates cipsleri) ile kızartma yapılmıştır. Yağ örneklerinin 490 nm'deki absorbansları sürekli artmış ve kızartma süresiyle de yüksek korelasyon göstermiştir ($r=+ 0,94$). Ölçülen absorbanslar ile TPC içerikleri arasında kuvvetli korelasyon olduğu bulunmuş ve ikinci dereceden bir denklemle bu ilişki gösterilmiştir. Buna göre TPC % 27 olduğunda ya da absorbans $\geq 1,35$ olduğunda artık yağın kullanılamayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

2.6. Kızartma Yağı Ne Zaman Değiştirilmelidir ?

Toplam polar materyal (TPC) miktarı $> \% 25-27$ olduğunda, kızartma yağının bozulduğu ve yağın kullanılmaması gerektiği kabul edilmektedir. Polimerik içerik $< \%10$ ya da $< \% 16$ olduğunda ya da dumanlanma noktası ≤ 170 oC olduğunda kızartma yağı artık kullanılmamalıdır (White,1991; Perkins, et al., 1996; Barbosa-Canovas, 1999; Gertz, 2000). Bununla birlikte yağın rengi koyulaşmışsa, yağda ransit ya da kötü bir koku varsa veya içinde gıda kızartıldığına dair bir koku hissediliyorsa, köpüklenme artmışsa ve dumanlanmaya başlamışsa yağ artık kızartma amaçlı olarak kullanılmamalıdır (Barbosa-Canovas, 1999; www.canolainfo.org/, 2001).

2.7. Yağ Parçalanması Nasıl Engellenir ?

2.7.1. Uyulması Önerilen Genel Kurallar

Kızartma sırasında yağ parçalanmasını engellemek için aşağıdaki önerilerde bulunmaktadır:

1. Yağ 191 °C'nin üzerinde ısıtılmamalıdır (204 °C üzerine hiçbir koşulda çıkılmamalıdır). Sıcaklığı yükseltmek, devam eden parçalanma reaksiyonlarının özellikle de oksidasyon ve hidrolizin hızını arttırmaktadır (McGill,1980; Firestone et al., 1990).
2. Kızartılacak gıda, kızartma öncesi uygun bir şekilde kurutulmalıdır. Islak gıdalar bilhassa da patatesler hidroliz hızını artırma eğilimindedir (McGill, 1980).
3. Kızartma öncesi gıda tuzlanmamalıdır. Tuz gıda yüzeyinin sulanmasına ve gıda sıcak yağ içine konulduğunda yağ sıçramasına yol açmaktadır. Ayrıca tuz dumanlanma noktasının düşmesine ve yağın parçalanmasına neden olmaktadır (Firestone et al., 1990; www.canolainfo.org/, 2001).
4. Yağ absorpsiyonunu sınırlamak için donmuş gıdalar donuk haldeyken kızartılmalıdır (www.canolainfo.org/, 2001).
5. Yağ kızartma sonrası filtre edilerek serin yerde saklanmalıdır ve ışıktan korunmalıdır (McGill,1980; Firestone et al., 1990; www.canolainfo.org/, 2001).
6. Kızartma ekipmanı uygun şekilde düzenli olarak temizlenmelidir (McGill,1980; Firestone et al., 1990; www.canolainfo.org/, 2001).
7. Metallere karşı dikkatli olunmalıdır. Demir, bakır ve pirinç oksidasyon hızını çok fazla arttırmaktadır ve dolayısıyla bu metallerin kullanımından kaçınılmalıdır (McGill, 1980; Firestone et al., 1991).
8. Gıda doğru miktardaki yağ ile kızartılmalıdır.Genel kural, kızartılacak gıda miktarının yağ miktarının 1/5 veya 1/6 sı kadar olması yönündedir (McGill, 1980; Firestone et al., 1990; www.canolainfo.org/, 2001).

2.7.2. Yağ Parçalanmasının Engellenmesinde Kullanılan Katkı Maddeleri

Metil silikon kızartma yağının oksidasyon ve polimerizasyonunu geciktirmektedir. Metilpolisiloksan sıkça bu amaç için kullanılmaktadır ve 0.5-2 ppm düzeyinde kullanıldığında etkilidir. Metilpolisiloksan kızartma stabilitesini 3-10 kat arttırmaktadır (O'Brien, 1993). Etki mekanizması ise yağ-hava ara yüzeyinde oksijen girişini sınırlayan koruyucu bir film tabakası oluşturmak yönündedir. Isıtma sırasında eğer yağ karıştırılıyorsa koruyucu etkisi filmin sürekli olarak parçalanmasından dolayı kaybolmaktadır (Sims, 1994).

Pek çok sayıda anyonik surfaktant, oksidatif polimerizasyonu önlemede etkilidir. Metilsilikon ile karşılaştırıldığında çok sayıdaki anyonik surfaktant, örneğin fosfatlanmış monogliseritlerin sodyum tuzu yağın stabilitesinin ve aynı zamanda da ısıl işlem görmemiş yağın açık sarı renginin korunmasında daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu bileşiklerden metil silikona göre göreceli olarak yüksek miktarda kullanılması gerekmektedir (Sims, 1994).

Surfaktantlara ek olarak zeytin yağı ile mısır ve buğday tohum yağlarından izole edilen sabunlaşmayan fraksiyonlar da etkili polimerizasyon inhibitörleri olabilmektedir. Etkili fraksiyonlar çoğunlukla sterol yapısındadır (Sims, 1994).

Meydana gelen oksidasyon tepkime zincirini kırarak stabil radikaller oluşturmak suretiyle yağın stabilitesini arttıran bir başka madde grubu ise antioksidanlardır (Ergin, 1999).

Tokoferoller bitkisel ve hayvansal dokularda yaygın olarak bulunan en önemli doğal antioksidanlardır (Marks, 1988). Tokoferoller suda çözünmez, etanolde her oranda çözünür, eterle karışır. Sarıdan kehribar rengine kadar değişen renktedirler. Hemen hemen kokusuz, berrak ve viskoz yapıdadırlar. Uzun zincirli yapılarına karşın yağlarda çok kolay çözünürler (Trost, 1989).

Tokoferoller yağ oksidasyonu sırasında meydana gelen zincirleme reaksiyonların ya başlamasını engeller ya da bunları yarıda keserler (Frankel, 1984).

Tokoferollerin antioksidatif etkinliği substratın konsantrasyonuna, bileşimine, ortamın sıcaklığına göre değişmektedir. 35 °C'ye kadar olan ortam sıcaklıklarında tokoferollerin antioksidan etkinlikleri bunların biyolojik etkinlikleri ile aynı yöndedir ($\alpha > \beta > \gamma > \delta$). Ortam sıcaklığı 50 ile 100 °C arası olduğunda tamamen tersi bir durum söz konusu olmaktadır (Ergin, 1999).

Tokoferoller özellikle çok doymamış yağ asidi içeren yemeklik yağlarda bulunan antioksidanlar olarak dikkat çekmektedir (Wong et al.,1988). Kanola yağının tokoferol içeriği 700-1200 ppm arasında değişmektedir (Prkybylski, 1994).

Yağın tokoferol içeriği rafinasyon işlemi sırasında meydana gelen kayıplarla azalmaktadır. Soya yağında rafinasyon işleminden sonra % 36'ya varan tokoferol kaybı saptanmıştır. En fazla tokoferol kaybı ağartma ve koku alma işlemlerinde olmakla beraber meydana gelen kayıp, uygulanan yöntemlerle değişiklik göstermektedir (Frankel, 1984).

α -Tokoferolün antioksidan etkinliği konsantrasyonuna bağlıdır ve en etkili konsantrasyonları % 0,01-0,02 aralığıdır (Dizezak, 1986). Bitkisel yağlarda, α -tokoferol 500-1000 ppm düzeyine ulaştığında etkisi prooksidan hale dönüşmektedir (Bourgeois, 1981 ; Koskas et al., 1984).

Tokoferollerin antioksidan etkilerinin sıcaklık ve süreyle olan ilişkisi üzerine yapılan bir çalışmada; palm yağı 10 gün süreyle 80 °C'de depolanmıştır. Sonuçta tokoferol kaybının başlangıçta yavaş olduğu, fakat peroksit değerinin 10'un üstüne çıkmasıyla meydana gelen kaybın hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiş ve tokoferolün antioksidan etkisinin tokoferolün parçalanmasıyla kaybolduğu saptanmıştır (Wong et al., 1988).

Tokoferoller gibi başlıca antioksidanların antioksidatif etkisi, sinerjist olarak sınıflandırılan çeşitli ürünlerin eklenmesiyle artırılabilir. Bu sinerjistler organik ve inorganik asitler, aminler, aminoasitler, nükleik asitler ve fosfolipidlerdir. Aminoasitler haricinde diğerlerinin çoğu tek başına herhangi bir antioksidatif aktivite göstermezler. Aminoasitler ise ya antioksidan ya da prooksidan gibi davranırlar (Chillard and Chillard, 1986).

Antioksidanlarda olduğu gibi sinerjistlerde de (-H) atomu ayrılır. Ancak sinerjistten ayrılan hidrojen yalnızca antioksidan radikale taşınabilmekte, peroksit radikale bağlanamamaktadır (Ergin, 1999).

Askorbil palmitat vücutta askorbik asit ve palmitik asite hidroliz olur ve bu nedenle doğal antioksidan sayılmaktadır (Gordon and Kourimka, 1995). Askorbil palmitat antioksidan etkisinin yanında α -tokoferol gibi diğer antioksidanlarla birlikte kullanıldığında sinerjistik etki göstermektedir (Gwo, et al., 1985).

Tokoferol serbest radikallerle reaksiyon verdikten sonra askorbil palmitat ya da askorbik asit tokoferol radikalini indirgeyerek tokoferölü rejenere eder ve askorbat radikallerini verir. Tokoferölün rejenerasyonu tüm askorbat bitene kadar devam eder (Ming and Seib, 1988).

Askorbik asit esterlerinin tek başına kullanıldığında antioksidatif etkinliğinin az olduğu, buna karşılık askorbik asit esterleri, α -tokoferol ve fosfolipid karışımının çok güçlü antioksidan etkide bulunduğu saptanmıştır (Bourgeois and Czornomaz, 1982).

Askorbil palmitatın yağdaki çözünürlüğünü arttırmak için diğer adı fosfaditil kolin olan lesitin kullanılmaktadır (Ergin, 1999). Asıl kaynağı soya yağıdır. Yapısında iki doymamış yağ asidi içermesi ve hava oksijenini bağlama yeteneği ile oksidasyonu önlemektedir (Saldamlı, 1985).

2.8. Kızartılmış Yağların Sağlığa Etkisi:

1950-1980 yılları arasında yapılan çalışmalarda çok fazla ısıtılmış yağlar kullanılmıştır. Bu yağlarla deney hayvanları beslendiğinde yağların toksik olduğu sonucuna varılmıştır. Daha sonraları ise yağlar derin kızartmaya uygun ekipmanlar içinde ve iyi koşullar altında ısıtılmış ve bu yağlarla deney hayvanları uzun süreli beslendiklerinde, yağların sağlığa zararlı bir etkisi olmadığı görülmüştür (Billek, 2000).

Lang et al. (1978), soya yağı ve sertleştirilmiş fıstık yağını ticari kızartıcılarda materyalli ve materyalsiz olarak 175 oC'de kızartmışlardır. Isıtma işlemi 8 saat/gün olarak yapılmış ve yağın kullanılamama sınırı olan % 20-25 TPC düzeyine 10 gün içinde ulaşılmıştır. Toplam 10 yıl boyunca ağırlıkça % 10 olacak şekilde bu yağlarla beslenen sıçanlar ile yine aynı süre ısıtılmış işlem görmemiş yağlarla beslenen sıçanlar arasında hiçbir fark gözlenmemiştir.

Billek (2000)'in bildirdiği bir çalışmada, TPC tek olarak yani tüm okside olmuş bileşiklerin konsantre formu olarak kullanmış ve polar ve non-polar fraksiyonlar parmak balıkların endüstriyel kızartıcılarda kızartılmasında kullanılan ve artık kullanılamayacak durumda olan ayçiçek yağından elde edilmiştir. Bu fraksiyonlar diyetin ağırlıkça % 20 'si olacak şekilde kullanılmış ve 1.5 yıl boyunca sıçanların bir kısmı bu diyetle, bir kısmı da taze yağ diyeti ile beslenmiştir. Taze yağla beslenen sıçanlar en fazla kiloyu alırken, polar fraksiyonla beslenenler en az kiloyu almıştır.

Polar fraksiyonla beslenen sıçanların karaciğer ve böbreklerindeki ağırlık artışı en fazla olmuştur.

Billek (2000), histolojik çalışmalar sonucunda test hayvanlarının dokularında herhangi bir değişim olmadığını ve test hayvanlarının normal beslenmelerine döndüklerinde iyileşebileceklerini belirtmiştir.

Başka araştırmacılar tarafından sıçanlar ve köpekler üzerinde yapılan fakat daha kısa süreli benzer çalışmalarda da aynı sonuçlara varılmıştır (Billek, 2000). İyi koşullar altında kızartılan yağların deney hayvanlarının sağlığı için tehlikeli olmadığı sonucu günümüzde de geçerliliğini korumaktadır (Barbosa-Canovas, 1999; Billek, 2000).

Bununla birlikte beslenme üzerine yapılan çalışmalarda yağın belli fraksiyonları özellikle de TPC olarak adlandırılan fraksiyonu oldukça dikkat çekici etkilere neden olmuştur. Yalnızca yüksek dozda bu fraksiyonla beslenen deney hayvanlarında büyüme geriliği, karaciğerin ve böbreğin büyümesi, enzim sistemlerinde bozukluk görülmüştür (Billek, 2000).

Kızartma yağlarının sağlık üzerine etkisiyle ilgili pek çok çalışma yapılmış ve genel olarak deney hayvanlarında kilo kaybı, ishal ve bazen de ölümün görüldüğü bildirilmiştir. Elde edilen bu kötü sonuçların bir çoğunun nedeni dengeli bir beslenmenin yaptırılmaması yani esansiyel yağ asitleri ve vit. E bakımından yetersiz olan yemlerin verilmesi, yağların tek besin olarak kullanılması ve verilen yağ dozunun çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Billek, 2000).

Yapılan çalışmalarda derin yağda kızartmanın ve derin yağda kızartılmış gıdayı tüketmenin, gıda uygun biçimde kullanılmış yağlar içinde kızartıldıkça ya da kızartılmış gıdalar yüksek kalorili olmalarına karşın insanlar tarafından çok fazla tüketilmediği sürece insan sağlığına zararlı olmadığı yönünde oldukça belirgin sonuçlara ulaşılmıştır (Barbosa-Canovas, 1999).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Yerli ve yabancı araştırmacıların derin yağda kızartma konusunda yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri bulgular aşağıda özetlenmiştir:

Serim (1979) tarafından naturel ve rivyera zeytin yağları ile rafine ayçiçeği yağı kullanılarak yapılan termik oksidasyon denemelerinde, naturel zeytin yağı, rivyera tipi zeytin yağı ve rafine ayçiçeği yağı 190 °C'de 24 saat süre ile ısıtılmış ve 24 saat sonunda söz konusu yağların kırılma indisi değerinin başlangıçtaki değerlerine göre yükseldiği saptanmıştır.

Kayahan (1983) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ayçiçeği, pamuk ve zeytin yağı; 180± 5 °C'de patates kızartmasında 10 kez kullanılmıştır. Yağlar birer gün ara ile ayrıca aralıksız olarak kızartılmıştır. Yağlarda yoğunluk, kırılma indisi, iyot sayısı, oksit asit ölçümleri yapılmış; yoğunluk ve kırılma indisinde artış gözlenirken, iyot sayısı zeytin yağında diğer yağlardan daha hızlı düşmüştür. Oksit asit miktarı ayçiçeği ve pamuk yağında zeytin yağına oranla daha hızlı artış göstermiştir (Özdemir, 1985).

Özdemir (1985), naturel zeytinyağında 200 ppm α - tokoferol (α -T.)+100 ppm askorбил palmitat (A.P.) ve 200 ppm α -T.+200 ppm A.P.'in günde 1 defa olmak üzere 10 gün ve haftada 1 olmak üzere 10 hafta boyunca 180 ± 5 °C'de kızartma sırasındaki etkilerini incelemiştir. Günlük kızartmada antioksidansız yağın başlangıçta 1.4689 olan kırılma indisi değerinin 1.4702'ye, 2.63 olan % serbest asitlik değerinin 3.27'ye, 2.121 olan E232%1 değerinin 9.121'e ve 0.352 olan E270%1 değerinin 1.682'ye yükseldiğini saptamıştır. Haftalık kızartmada ise başlangıç değerleri 10. hafta sonunda kırılma indisinde 1.4700'ye, % serbest asitlik değeri 3.40'a, E232%1 değeri 8.240'a ve E270%1 değeri 1.504'e yükselmiştir. 200 ppm α -T.+200 ppm A.P. eklenen yağda ise başlangıçta 1.4694 olan kırılma indisi değeri günlük kızartmada 10. gün sonunda 1.4702'ye, 3.27 olan % serbest asitlik miktarı 3.82'ye, 6.422 olan E232%1 değeri 7.566'ya ve 0.525 olan E270%1 değeri ise 1.664'e yükselmiştir. Haftalık kızartmalardaysa kırılma indisi 1.4701'e, % serbest asitlik değeri 3.79'a, E232%1 değeri 10.221'e ve E270%1 değeri 2.762'ye yükselmiştir. Eklenen 200 ppm α -T.+200 ppm A.P.'nin hem günlük hem de haftalık kızartmalarda naturel zeytinyağının stabilitesini arttırdığı saptanmıştır.

Metin (1987), rafine ayçiçek yağında 200 ppm α - tokoferol (α -T.)+100 ppm askorбил palmitat (A.P.) ve 200 ppm α -T.+200 ppm A.P.'in günde 1 defa olmak üzere 10 gün ve

haftada 1 olmak üzere 10 hafta boyunca 180 ± 5 °C'de kızartma sırasındaki etkilerini incelemiştir. Günlük kızartmada antioksidansız yağın başlangıçta 1.4746 olan kırılma indisi değerinin 1.4756'ya, 0.08 olan % serbest asitlik değerinin 0.14'e, 4.24 olan E232%1 değerinin 13.32'ye ve 0.80 olan E270%1 değerinin 3.19'a yükseldiğini saptamıştır. Haftalık kızartmada ise başlangıç değerleri 10. hafta sonunda kırılma indisinde 1.4755'e, % serbest asitlik değeri 0.14'e, E232%1 değeri 13.00'e ve E270%1 değeri 3.12'ye yükselmiştir. 200 ppm α -T.+200 ppm A.P. eklenen yağda ise başlangıçta 1.4746 olan kırılma indisi değeri günlük kızartmada 10. gün sonunda 1.4754'e, 0.08 olan % serbest asitlik miktarı 0.16'ya, 4.24 olan E232%1 değeri 12.35'e ve 0.80 olan E270%1 değeri ise 2.63'e yükselmiştir. Haftalık kızartmalardaysa kırılma indisi 1.4754'e, % serbest asitlik değeri 0.16'ya, E232%1 değeri 10.85'e ve E270%1 değeri 2.59'a yükselmiştir. Eklenen 200 ppm α -T.+200 ppm A.P.'nin hem günlük hem de haftalık kızartmalarda rafine ayçiçek yağının stabilitesini arttırdığı saptanmıştır.

Miyagawa et al. (1991) tarafından tokoferol kaybı üzerine patates kaplama maddesinin etkisini saptamak üzere 180 °C'de eşit miktarda soya ve kolza yağı karışımı ile 32 defa kızartma yapılan çalışmada kırılma indisi, % serbest asitlik, konjuge dien değerlerinin kaplamalı ve kaplamasız patateslerde kızartma sayısı arttıkça sürekli arttığı, buna karşılık iyot sayısı ve L renk değerinin azaldığı saptanmıştır. Patateslerde başlangıçta 103.0 olan L renk değeri 32 kızartma sonunda kaplamasız patateslerde 93.3'e kaplamalı patateslerde 64.8'e; 123.2 olan iyot sayısı değeri kaplamasız patateslerde 105.5'e kaplamalı patateslerde 102.3'e düşmüştür. Kızartma sayısı arttıkça yağın rengi, parlak sarı renkten koyu kahverengiye doğru kararmıştır. Başlangıçta 1.4721 olan kırılma indisi değeri kaplamasız patateslerde 1.4734'e, kaplamalı patateslerde 1.4728'e; 28.8 olan E233%1 kaplamasız patateslerde 242.2'ye, kaplamalı patateslerde 98.0'e; 0.10 olan % serbest asitlik değerleri kaplamasız patateslerde 0.58'e, kaplamalı patateslerde 1.33'e yükselmiştir. Bu çalışmada kırılma indisi ve iyot sayısı arasında negatif yüksek korelasyon ($r = -0,815$) olduğu bulunmuştur.

Tyagi and Pramod (1994) tarafından rafine soya yağı ile soya+hardal yağı (80:20) ve soya +susam yağı (80:20) karışımlarıyla 180 ± 5 °C'de 5 saat/gün olmak üzere 5 gün süreyle yapılan kızartmalarda kızartma süresi boyunca kırılma indisi, özgül ağırlık, renk, serbest asitlik , konjuge dien değerlerinde artış olduğu; buna karşılık iyot

sayısının düştüğü saptanmıştır. Genel olarak soya yağındaki bozulmanın karışım yağlara göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Goburdhun and Jhurree (1995); 180 ± 5 °C'de 337 dk aralıklarla yaptıkları 15 kızartma boyunca; soya yağının, soya yağı+palm olein ve soya yağı+antioksidan (BHT, BHA, propil gallat, sitrik asit) karışımının kızartma performanslarını inceledikleri çalışmada, kırılma indisi değerinin kızartma sayısına paralel olarak arttığını ve kırılma indisindeki en düşük değişimi soya yağı +antioksidan karışımının gösterdiğini saptamışlardır. İyot sayısı bakımından soya yağı ile karışım yağlar arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur.

Başıoğlu (1992), ayçiçek yağında 190 °C'de farklı şekillerde dilimlenmiş patlıcanları kızartmıştır. Çalışmasında öncelikle patlıcanların kızartıldıktan hemen ya da 24 saat sonra tüketilmesi sonucu alınacak yağ miktarını belirlemeye çalışmıştır. Ayrıca yağın kızartma öncesi ve kızartma sonrasındaki özelliklerini de belirleyerek yağda meydana gelen değişimi saptamıştır. Kızartma sonrası kırılma indisi değerinin 1.4690'dan 1.4692'ye yükseldiği, iyot sayısının 130'dan 127'ye düştüğü ve serbest asitliğin % 0.2'den % 0.4'e arttığı bulunmuştur. Yağ asidi bileşiminde ise kızartma sonrası palmitik asitin %13.21'den % 16.58'e ve stearik asit miktarının da % 2.87'den % 2.97'ye arttığı; oleik asidin % 24.92'den % 23.70'e ve linoleik asitin ise % 59.0'dan % 56.75'e düştüğü saptanmıştır.

Karabacak (1996) mısırözü yağında 200 ppm α -tokoferol (α -T.), 200 ppm α -T.+100 ppm askorbil palmitat (A.P.) ve 200 ppm α -T.+200 ppm A.P.'nin günde 1 defa olmak üzere 10 gün ve haftada 1 olmak üzere 10 hafta boyunca yaptığı kızartma sırasındaki etkilerini incelemiştir. Tüm kızartmalarda dumanlanma noktası değerinin kızartma sayısı arttıkça düştüğünü, günlük ve haftalık kızartmalarda dumanlanma noktasındaki düşüşün en fazla antioksidansız yağda gerçekleştiğini saptamıştır. Başlangıçta antioksidansız yağda 204 °C olan dumanlanma noktası değeri günlük kızartmalarda 160 °C'ye, haftalık kızartmalarda ise 159 °C'ye düşmüştür. 200 ppm α -T.+200 ppm A.P.'li mısırözünde ise başlangıçta 203 °C olan dumanlanma noktası değeri günlük kızartmalarda 181°C'ye ve haftalık kızartmalarda 179°C'ye düşmüştür. Günlük kızartmada antioksidansız yağın başlangıçta 1.4725 olan kırılma indisi değerinin 1.4736'ya, 0.18 olan % serbest asitlik değerinin 0.35'e, 5.82 olan E232%1 değerinin 17.92'ye ve 1.23 olan E270%1 değerinin 3.97'ye yükseldiğini saptamıştır. Haftalık kızartmada ise başlangıç değerleri 10. hafta sonunda kırılma indisinde 1.4736'ya, %

serbest asitlik değeri 0.34'e, E232%1 değeri 18.91'e ve E270%1 değeri 3.96'ya yükselmiştir. 200 ppm α -T.+200 ppm A.P. eklenen yağda ise başlangıçta 1.4725 olan kırılma indisi değeri günlük kızartmada 10. gün sonunda 1.4738'e, 0.18 olan % serbest asitlik miktarı 0.31'e, 5.82 olan E232%1 değeri 10.09'a ve 1.23 olan E270%1 değeri ise 2.61'e yükselmiştir. Haftalık kızartmalardaysa kırılma indisi 1.4733'e, % serbest asitlik değeri 0.29'a, E232%1 değeri 11.27'ye ve E270%1 değeri 2.99'a yükselmiştir. Eklenen 200 ppm α -T.+200 ppm A.P.'nin hem günlük hem de haftalık kızartmalarda rafine mısırözü yağının stabilitesini arttırdığı saptanmıştır.

Al-Kahtani (1991) ve Che Man and Tan (1999), gıdaların kızartılmasının yağda koyulaşmaya yol açtığını bunun ise oksidasyondan ve gıdadan kızartma sırasında renkli pigmentlerin difüzlenmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Simmone and Eitenmiller (1998); soya yağı, mısır yağı ve palm oleinde 185 °C'de 30 dk aralıklarla toplam 30 saatlik kızartmalar sırasında doğal Vit E ve eklenen retinol palmitatta meydana gelen değişimi incelemişlerdir. Çalışmada retinol palmitat, tokoferol, tokotrienol tayini dışında 0, 10, 20 ve 30. saatlerde aldıkları örneklerde serbest asitlik, viskozite ve renk tayini de yapılmıştır. Buna göre tüm örneklerde % serbest asitlik ve viskozite kızartma sayısı arttıkça artarken 'L' renk değeri azalmıştır. Yağda bozulmadan kalan vit E miktarı en fazla mısır yağında, en düşük palm oleinde saptanmıştır.

Tompkins and Perkins (2000) kızartma sırasında Lovibond kırmızı renk değerinde artış olduğunu ve yağın renginin karardığını saptamışlardır. Bununla birlikte yağdaki bu kararmanın yağda eser miktarda bulunan pigmentlerden ve tokoferol miktarından etkilenebileceğini belirtmişlerdir.

Xu et al. (1999) tarafından düşük, orta, yüksek linolenik asit içeren yüksek oleik asitli kanola yağları, palm olein, ayçiçek yağı ve kısmi hidrojene kanola yağları kullanılarak 190 ± 2 °C'de toplam 80 saat yapılan kızartmalarda açık renkten koyu renge geçiş eğilimini gösteren L renk değeri tüm gruplarda kızartma sayısı arttıkça azalmıştır ($r = -0.99$). Farklı linolenik asit içeren yağlarda, linolenik asit miktarının yükselmesi, son yağın renginin daha da kararmasına yol açmıştır. Kanola yağlarındaki kararma soya ve palm yağından daha az olmuştur. En açık renge hidrojene kanola yağı, en koyu renge ise palm yağı sahip olmuştur. Yüksek oleik asitli üç kanola yağı için renk artışının yağdaki parçalanmanın iyi bir göstergesi olduğu belirtilmiştir. % serbest asitlik ise önemli derecede artmış ve kızartma süresiyle yüksek korelasyon göstermiştir ($r =$

+0,93). Başlangıçta tüm yağlarda % 0.1 olan % serbest asitlik düzeyi 80 saatlik kızartma sonunda düşük, orta, yüksek linolenik asit içeren kanola yağlarında sırasıyla % 2.4, 2.4 ve 2.7 olurken; ayçiçeği, palm ve hidrojene kanola yağlarında ise sırasıyla % 5.4, 6 ve 7 olmuştur. Üç farklı linolenik asit içeren kanola yağlarında asitlik artışı palm, ayçiçeği ve kısmi hidrojene kanola yağlarına göre daha az olmuştur. Tüm yağlarda 80 saatlik kızartma sonunda oleik asit dışında diğer yağ asitlerinin miktarı sistematik olarak değişmiştir. Palmitik ve stearik asit miktarı önemli derecede artmış ve kızartma süresi ile yüksek korelasyon göstermiştir ($r = +0.92$). Linoleik ve linolenik çoklu doymamış yağ asitleri miktarı kızartma sırasında önemli derecede azalmış ve kızartma süresiyle yüksek korelasyon göstermiştir ($r = -0.85$).

Aynı araştırmacılar, serbest asitliğin kızartma yağının parçalanmasının göstergesi olarak kullanılmasının hala tartışmalı olduğunu, her ne kadar TPC (toplam polar bileşikler), renk ve DEC (dielektrik sabiti) ölçümü ile yüksek korelasyon gösterse de serbest asitliğin kızartma yağının kullanma süresini belirlemede yalnız başına kullanılmamasını tavsiye etmektedirler.

Fritsch et al. (1979), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada soya yağı 190 °C'de 10 dk. patates kızartmasında günde 8 saat olmak üzere 4 gün kullanılmıştır. Yağdaki değişiklikleri belirlemek amacıyla serbest asitlik, iyot sayısı, peroksit değeri, dielektrik sabiti, köpük oluşumu, renk ve TPC ölçümleri uygulanmıştır. Tüm ölçümlerde serbest asitlik, peroksit değeri, dielektrik sabiti, köpük kalınlığı, renk, TPC artış gösterirken, iyot sayısı değerinde düşüş gözlenmiştir.

Kızartma yağı olarak mısır yağının kullanıldığı bir çalışmada kalite saptanmasında polar bileşiklerin kolon kromatografisi (CC), dielektrik sabiti ölçümleri ve trigliserid dimerlerinin gaz likid kromatografisi (GLC) analizleri karşılaştırılmıştır. GLC yöntemi CC'den daha basit ve spesifik bulunurken, dielektrik sabiti ölçümünün en basit ve kolay olduğu saptanmıştır. Ayrıca serbest asitlik, TBA ve peroksit değerlerinde artış gözlenmiştir (Paradis ve Nawar, 1981).

Kayahan (1981) tarafından yapılan bir çalışmada 185 ± 5 °C sıcaklıkta 13 dakika süre ile 7 kez olmak üzere zeytin ve ayçiçeği yağlarında derin kızartma işlemi uygulanmış, her iki yağda da serbest asitlik değerlerinin kızartma periyoduna göre düzensiz değişimler gösterdiği bildirilmiştir.

Peers and Swoboda (1982), araştırmalarında ayçiçeği yağında patates kızartılması sırasında hem kızartılan gıda tarafından asitliğin nötralize edilmesinin hem de buhar distilasyonunun asidik ürünlerin kaybına yol açtığını bildirmektedirler.

Petukhov et al. (1999); düşük linolenik (LLCO) ve yüksek oleik asitli (HOCO) kanola yağlarının kızartma performansını, modifiye edilmemiş kanola (RCO) ve hidrojene kanola (HYCO) yağlarıyla karşılaştırmışlardır. Köpük  nleyici dimetil polisiloksan (2 ppm) tüm yağlara katılmıştır. Günde 8 saat olmak üzere toplam 40 saat patates kızartılmış ve her kızartma öncesi yağ miktarını sabit tutmak için taze yağ eklenmiştir. Yağlarda serbest asitlik, konjuge dienoik asitler, polimerler, oksidasyon ürünleri ve polar bileşik analizleri yapılmıştır. Başlangıçta tüm yağlarda aynı olan % serbest asitlik düzeyi 5. gün sonunda kızartma sayısına paralel olarak artmış ve yağlar arası sıralama HYCO > RCO > HOCO > LLCO şeklinde olmuştur. HYCO dışındaki yağlarda kızartma sayısına paralel olarak konjuge dienoik asit miktarı kızartma sayısına paralel olarak artmıştır ve 5. gün sonunda yağlar arasındaki sıralama RCO > HOCO > LLCO > HYCO şeklinde gerçekleşmiştir. Aynı süre sonunda yağların polar bileşik miktarındaki değişim ise HYCO > HOCO > LLCO > RCO şeklinde dir. Mevcut tokoferol miktarı dışında yağların hepsinin başlangıçtaki kalitesi benzer olsa da, 5. gün sonunda yağların tümü bozulmuştur. Modifiye yağlarla standart yağ arasında beklenen stabilite farkının olmamasının tokoferol düzeyinde saptanan farktan ileri gelebileceği sonucuna varılmıştır.

Che Man and Tan (1999) tarafından yapılan çalışmada derin yağda 180  C'de 3,5 saat/gün olmak üzere birbirini izleyen 7 gün boyunca patates cipsi kızartması sırasında rafine palm oleinin kalite özelliklerinde meydana gelen değişimler üzerine eklenen antioksidanların (her biri 200 ppm olmak üzere BHA, BHT, oleoresin rosemary, adaçayı ekstraktı) etkisini incelemişlerdir. Kızartma yağında meydana gelen değişimleri peroksit, TBA, iyot sayısı, serbest asitlik, polimer içerik, viskozite, E232%1 ve E270%1, renk, yağ asidi kompozisyonu ve C18:2/C16:0 oranı analizlerine göre tespit etmişlerdir. Tüm örneklerde kızartma sayısına paralel olarak peroksit, TBA, % serbest asitlik, polimer içerik, viskozite, lovibond renk, E232%1 ve E270%1 değerlerinin arttığı saptanmıştır. Buna karşılık iyot sayısı ve C18:2/C16:0 oranı kızartma sayısı arttı a azalmıştır. Palm oleinde başlangıçta 0.10 olan % serbest asitlik değeri 7. kızartma sonunda 0.81'e; 0.55 olan kırmızı renk değeri 2.20'ye; 1.63 olan E232%1 değeri 17.23'e; 0.40 olan E270%1 değeri 4.26'ya yükselirken; 0.243 olan C18:2/C16:0 oranı 0.061'e ve 56.98 olan iyot sayısı değeri 41.83'e düşmüştür.

Antioksidanların rafine palm oleinde yağ oksidasyonunu engellemekteki etkinlikleri sırasıyla oleoresin rosemary > BHA > adaçayı ekstraktı > BHT şeklinde olmuştur.

Aynı araştırmacılar kızartma sayısı arttıkça linoleik ve linolenik asit miktarının azaldığını, buna karşılık palmitik asit miktarının arttığını saptamışlardır. Palm oleinde başlangıçta % 43.24 olan C18:1 miktarı 7 kızartma sonunda % 42.55'e, % 10.0 olan C18:2 miktarı % 2.93'e, % 0.25 olan C18:3 miktarı % 0'a düşerken; % 3.90 olan stearik asit miktarı % 4.49'a ve % 41.14 olan palmitik asit miktarı ise % 48.19'a yükselmiştir. Linoleik asit düzeyindeki azalmanın esasen doymamış yağ asitlerinin birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Asap and Augustin (1986), rafine palm yağı üzerine yaptıkları çalışmada başlangıçta 1,87 olan E232%1 değerinin 8 saatlik kızartma sürecinin sonunda 13.17'ye, 0.19 olan E268%1 değerinin ise 2.65'e ulaştığını saptamışlardır.

Tyagi and Vasishtha (1996), rafine soya yağı, vanaspati (çeşitli bitkisel yağları içeren kısmi hidrojene yağ), BHA+TBHQ eklenmiş soya yağı ile 170 ,180 ve 190 °C 'de toplam 70 saat yaptıkları patates kızartması sırasında, yağların kalitesinde meydana gelen değişimi incelemişlerdir. Soya yağında başlangıçta % 0.14 olan % konjuge dienoik asit değeri 170, 180, 190 °C 'de % 3.09, 4.26 ve 4.39'a yükselirken; vanaspati de % 0.8 olan bu değer aynı sıcaklıklarda sırasıyla % 4.46, 5.36 ve 6.08'e yükselmiştir. Başlangıçta soya yağında ve vanaspatide hiç olmayan % konjuge trienoik asit miktarı 3 farklı sıcaklıkta soya yağında çok az yükselerek < 0.01 olurken, vanaspatide hiç değişmemiştir. % serbest asitlik ise 190 °C 'de soya yağında 0.04'den 70 saat sonunda % 1.51'e yükselirken, vanaspatide % 0.13'den % 2.45'e yükselmiştir. Soya yağı ve soya yağı+antioksidan içeren yağlar vanaspatiye göre daha yüksek kırılma indisi, özgül ağırlık ve renk değerine sahip olmuştur. Bunun nedeninin, soya yağının çok fazla dienoik ve trienoik asit içermesinden; dolayısıyla oksidasyonun ve polimerizasyonun yüksek bozucu etkisinin, bu yağlarda daha fazla olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Aynı araştırmacılar, kızartma sayısı arttıkça doymamışlıkta düzenli bir düşüş olduğunu ve dolayısıyla doymamışlığın ölçüsü olan iyot sayısının da azaldığını saptamışlardır. Soya yağının 129.8 olan iyot sayısı, 170, 180, 190 o C'de sırasıyla 106.7, 97.4 ve 96.7 'ye düşmüştür. Vanaspatide ise 74.7 olan iyot sayısı aynı sıcaklıklarda 63.0, 61.0 ve 59.6'ya düşmüştür. Doymamışlıktaki düşüşü çift bağların oksidasyon, parçalanma ve polimerizasyondan zarar görmesine bağlamışlardır. Yaptıkları çalışmada, soya

yağının oksidatif bozulmaya eğilimli olan çok aktif metilen gruplarına sahip olduğu için doymamışlık düşüşünün, vanaspatiye göre daha fazla olduğunu ve sıcaklık arttıkça bu düşüşün arttığını saptamışlardır. Başlangıçta taze soya yağında % 26.7 olan oleik asit 170, 180, 190 o C'de 70 saat sonunda sırasıyla % 23.3, 20.7 ve 19.7'ye düşmüştür. Monoenlerdeki toplam kayıp her üç sıcaklıkta % 12.7, 22.5 ve 26.2 olmuştur. Linoleik asit miktarı ise % 52.3'den 3 farklı sıcaklıkta sırasıyla % 29.5, 24.4 ve 21.0'a düşmüştür. Dienlerdeki kayıp ise sırasıyla % 44, 53, 60 olmuştur. Oktadekadienoik asit monoenlerden daha hızlı bozulmuştur. Trien içeriğindeki kayıp ise monoen ve dienlerdeki kayıptan daha fazladır ve kayıp sıcaklık arttıkça sırasıyla % 64, 73 ve 79 olmuştur. % 6.7 olan linolenik asit miktarı 3 farklı sıcaklıkta sırasıyla % 2.4, 1.8 ve 1.4'e düşmüştür. Ayrıca iyot sayısı ile kırılma indisi arasında yüksek negatif korelasyon olduğu bulunmuştur ($r = -0,85$).

Al-Kahtani (1991), 62 restaurant ya da fast food satış noktasından atılma durumuna gelmiş yağlarda ticari kızartma işlemi ve kızartma koşullarını araştırmıştır. Kızartma yağlarının kalitesini TPC, % serbest asitlik, p-anisidine, 232 ve 268 nm.'deki absorbans, C18:2/C16:0 oranı ve renk analizlerine göre saptadığı çalışmasında 232 ve 268 nm.'deki absorbans artışının kızartma sırasında çift bağların kaymasından dolayı konjuge birleşiklerin oluşumunu gösterdiğini ve yüksek TPC içeren pek çok yağın aynı zamanda yüksek dien ve trien içeriğine sahip olduğunu bulmuştur. Özellikle tavuk ya da balık kızartmalarında, taze yağa göre atılma durumuna gelen yağda linoleik/palmitik asit oranının yüksek olduğunu saptamıştır. Bunun nedenini gıdada bulunan yağın, muhtemelen kızartma yağına geçmesine ya da azalan oksidasyon reaksiyonundan dolayı yağ asidi bileşiminin değişmesine bağlamaktadır.

Cuesta et al. (1991), rafine zeytin yağı kullanarak yaptıkları 15 kızartmada doymamış yağ asidi yüzdesinin düşme eğiliminde olduğunu, yalnız linoleik asit miktarının % 7.1 ± 0.2 'den % 6.5 ± 0.6 'ya, oleik asitin % 80.3 ± 0.2 'den % 79.9 ± 0.6 'ya düşmesinin önemsiz olduğunu ($p > 0,05$) saptamışlardır. Doymuş yağ asitlerinden olan palmitik ve stearik asitlerde hafif bir artış olduğu, bunun ise muhtemelen linoleik ve oleik asit parçalanmasından kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte tekrarlanan kızartmalarda oluşan yağ asidi modifikasyonunun sadece termooksidatif koşullardan değil, ayrıca patates tarafından da bazı yağ asitlerinin absorblanmasıyla ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Başlangıçta 7.05 olan doymamış / doymuş yağ asidi oranı 15 kızartma sonunda % 6.4'e düşmüştür. Yaptıkları çalışmada ilk başta % 2.8 (2.7 mg/100 mg

yağ) olan stearik asit miktarının 4. kızartma sonunda % 2.6 (2.5 mg/100 mg yağ) 'ya düştüğünü, 8. kızartmada ise % 3.3 (3.3 mg/100 mg yağ)'e yükseldiğini saptamışlardır. 0. ve 4. kızartma arasındaki düşüşün kızartma sırasında patates içine giren yağ asitlerinin farklı kinetiğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. 15 kızartma sonunda ise stearik asit miktarı % 3.4'e ve % 9.6 olan palmitik asit miktarı % 10.1'e yükselmiştir.

Polar bileşiklerin oluşumunun yağın doymamışlık düzeyi ile ilgi olması gerektiği ve doymamışlıkla polar bileşikler arasında yüksek korelasyon bulunduğu konusunda, araştırmacılar arasında fikir birliği bulunmamaktadır. Warner and Mounts (1993), soya (SBO), düşük linolenik asitli soya(LLSBO) ve düşük linolenik asitli hidrojene soya(LLHYSBO) yağları ile kanola (CAO), LLCAO ve LLHYCAO yağları ile 190 °C'de 40 saat olmak üzere modifiye yağların kızartma stabilitesini incelemiştir. Tüm soya yağlarının doymamış yağ asidi miktarı (iyot sayısı) benzer olmasına karşın, LLSBO ve LLHYSBO yağları toplam polar bileşik miktarı SBO ya da tüm CAO'lardan daha düşük çıkmıştır. Yağın doymamışlığının toplam polar bileşik oluşumunu etkileyen pek çok faktörden sadece biri olabileceği belirtilmiştir.

Pek çok çalışmada, modifiye yağların kızartma stabilitesinin aynı yağın standart türüne göre iyileşme sağladığı bildirilmiştir. Bu gözlemin aksi sonuç alınan çalışmalar da yapılmıştır. Bu amaçla Normand et al. (2001) 'de standart kanola (RCO), yüksek oleik düşük linolenik asitli kanola (HOLLCO), yüksek oleik asitli kanola (HOCO), düşük linolenik asitli kanola (LLCO) yağları ile 175 ± 2 °C'de toplam 75 saat aralıklı kızartma yapmışlardır. RCO, HOLLCO yağları HOCO ve LLCO yağlarına göre düşük % serbest asitliğe sahip olurken; TPC oluşum hızı da daha yavaş gerçekleşmiştir. Yüksek miktarda tokoferol içeren (893 mg/kg) HOLLCO ile düşük miktarda (565 mg/kg) tokoferol içeren RCO düşük düzeyde tokoferol parçalanmasına sahip olurken, sırasıyla 601 ve 408 mg/kg tokoferol içeren HOCO ve LLCO yağlarının tokoferol parçalanma hızı yüksek olmuştur. Böylece HOLLCO ve RCO yağlarının yüksek kızartma stabilitesinin yağ asidi kompozisyonundan daha çok tokoferol parçalanma hızından etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

4.MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan rafine kanola yağı TS 893 standardına göre hazırlanmış olup, Manisa'daki Ege Yağ Sanayi A.Ş. den orijinal 5 litrelik ambalajlar içinde Yonca patentli olarak, üretildiği gün alınmıştır. Ambalaj materyali olarak kalaylı teneke kutular kullanılmıştır.

Yağlar kızartmada kullanılabilecek kadar serin ve güneş görmeyen bir yerde ve ambalajları içinde saklanmıştır. Kızartmalar 190-210 oC arasında çalışan 3,5 lt yağ kapasitesine sahip fritöz içinde yapılmıştır. Her denemeden önce başlangıçtaki yağın özelliklerini saptamak üzere örnek alınmış ve daha sonra kızartma işlemine geçilmiştir. Antioksidan olarak dl- α - tokoferol ve sinerjist olarak R(+) – Askorbil palmitat (6-palmitol-L askorbik asit, Fluca AG) kullanılmıştır.

Askorbil palmitat yağda zor çözündüğünden çözünmesini kolaylaştırmak için önce eşit miktar lesitinle karıştırılmış, sonra bir miktar yağ içinde 110 °C 'ye ısıtılarak çözünmesi sağlanmıştır ve daha sonra yağa eklenmiştir.

Kızartma işleminde kullanılan patatesler, Ankara piyasasından farklı zamanlarda rastgele satın alınmıştır.

4.2. Metod

4.2.1. Araştırma Planı

Araştırmada kullanılan kanola yağından 2 farklı örnek hazırlanmıştır. Birinci örnekte, yağa hiçbir katkı katılmamıştır. İkinci örneğe 200 ppm α -tokoferol + 200 ppm askorbil palmitat katılmıştır. Hazırlanan iki grup yağdan her biri ile 24 saat aralıklarla toplam 10 gün ve 7 gün aralıklarla toplam 10 hafta süresince günde bir kez kızartma işlemi yapılmıştır. Başlangıç örneğinde ve her kızartma sonrası alınan örnekte serbest asitlik, UV absorpsiyon, iyot sayısı, yağ asidi bileşimi, kırılma indisi, dumanlanma noktası ve renk analizleri yapılmıştır.

4.2.2. Derin Yağda Kızartma İşlemleri

Derin yağda kızartma işlemleri, termostatlı 3,5 lt hacimli, paslanmaz çelikten yapılmış, 190-210 oC arasında çalışan ev tipi fritözde yapılmıştır. Kızartma ve bekleme aşamalarının tümünde fritözün ağzı kapalı tutulmuştur. Kızartma işleminden önce patatesler yıkanmış ve kabukları soyulmuştur. Kurulama

işleminden sonra mekanik dilimleyici yardımı ile $1 \times 1 \times 5$ cm boyutlarında dilimlenmiştir. Kızartma için fritöze 3,5 lt yağ konularak 190 ± 5 °C'ye ısıtılmış ve patates/yağ oranı 1/5 olacak şekilde tartım yapılarak patatesler fritözün sepetine yerleştirilmiş ve sonra sepet yağa daldırılmıştır. Isınmış yağ içine atılan patatesler, yağın sıcaklığını önce 145 ± 5 °C 'ye düşürmüş, daha sonra da kızartma süresinin ortalarına doğru yağın sıcaklığı 160 ± 5 °C 'ye ulaşmıştır. Kızartma işlemleri 5-6 dk. içinde tamamlanmıştır. Kızarmış patatesler yağdan sepetle çıkarıldıktan sonra yağ, oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Bu sayede her örneğin bir kızartma periyodunda yer alan ısıtma, kızartma ve soğuma aşamalarından geçmesi sağlanmıştır. Daha sonra soğuyan yağdan analizlerde kullanılmak üzere 65 ml. örnek ağız kapaklı renkli şişelere alınmış ve analiz yapılacak zamana kadar azot gazı atmosferi altında ve buzdolabında muhafaza edilmiştir. Aralıklı kızartma işlemi sonrasında kızartılan yağ da bir sonraki kızartma işlemine kadar oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

4.2.3. Fiziksel Ölçüm Yöntemleri

4.2.3.1.Kırılma İndisi

Ölçümler Abbe´ refraktometresi ile A.O.A.C.921.08 (Association of Official Analytical Chemists)'e göre yapılmış ve sonuçlar 20 °C sıcaklık derecesine göre verilmiştir (Anonymous,1990).

4.2.3.2.Dumanlanma Noktası

Dumanlanma noktası tayini AOCS Official methods Cc 9a-48 'e göre yapılmıştır. Yağ beklenen dumanlanma noktasının yaklaşık 40-50 oC aşağısına kadar sürekli ısıtılmış, bundan sonra sıcaklık 5-6 °C /dk olacak şekilde yükseltilmiştir. Yağ örneği, üzerinden ince fakat sürekli bir duman çıkışı görülene kadar ısıtılmış ve dumanın görüldüğü an termometrenin gösterdiği sıcaklık dumanlanma noktası olarak kaydedilmiştir (Anonymous,1998).

4.2.3.3. Renk Tayini

Bu çalışmada Hunter renk sistemi ile renk analizi yapılmıştır. Hunter-Lab'ın üç farklı aksı değişik renkleri temsil etmektedir. 'L' aksı aydınlık aksı olarak belirlenmiştir. 'a' aksı kırmızı-yeşil aksı, 'b' aksı sarı-mavi aksıdır. Akslardaki değişimler renkleri belirler.

- L değeri (+) ise renk açık, L değeri (-) ise renk koyu

- L değeri =100 beyaz , L=0 siyah
- a değeri (+) ise renk kırmızımsı, a değeri (-) ise renk yeşilimsi ,
- b değeri (+) ise renk sarımsı , b değeri (-) ise renk mavimsi

olarak görülmektedir.

Renk ölçümünde Dr.Lico 200 renk tayin cihazı kullanılmıştır. Örnekler ölçüm için 11 mm çaplı ve 7,5 cm boyundaki cam tüplere konulmuştur. Cihaz her ölçümden önce n-hekzan ile kalibre edilmiştir. Ölçüm için kullanılan cam tüp miktarı sınırlı olduğundan tüpler bir süre sonra yıkanıp n-hekzandan geçirilip kurutulmuştur. Ölçüm sonucu; L, a, b değerleri olarak okunmuştur.

4.2.3.4. UV Absorbsiyon

Yağların oksidasyon derecesi 232 ve 270 nm 'deki absorpsiyon ölçümleriyle C.A.C/RS-33 (Codex Alimentarius Commission)'e göre saptanmıştır (Anonymous, 1970 a). Bu amaçla 0,05-0,1 gr örnek alınarak spektrofotometrik saf n-hekzan ile 50 ml'ye tamamlanmış ve Shimadzu UV-2101 PC Model spektrofotometrede ve 1cm'lik küvet kullanılarak 232 nm'de dien konjugasyonuna ait absorbans, 270 nm'de ise trien konjugasyonuna ait absorbans değerleri ölçülmüştür.

4.2.4. Kimyasal Ölçüm Yöntemleri

4.2.4.1. Serbest Asitlik

Yağ örneklerindeki serbest yağ asitleri miktarı AOCS Official Method Ca 5a-40 'a göre yapılmış ve sonuçlar % oleik asit cinsinden belirtilmiştir (Anonymous,1998).

4.2.4.2. İyot Sayısı

Kızartma yapılmış yağ örneklerinin iyot sayısı AOCS Official Metod Cd 1-25 'e göre yapılmıştır (Anonymous,1998).

4.2.4.3.Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

4.2.4.3.1. Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması

Yağ asitlerinin analizinde Anonymous (1990)'daki yöntem kullanılmış, örnekler,

metanollü KOH ile esterleştirildikten sonra Çizelge 4.2.1.'de çalışma koşulları verilen gaz kromatografisi cihazına enjekte edilmiş ve sonuçlar % metil esteri dağılımı halinde integratör aracılığı ile saptanmıştır. Uygulanan yöntem şöyledir:

0.4 gr örnek üzerine 4 ml izo-oktan katılarak çözündürülür. Metanolde hazırlanmış 2 M KOH çözeltisinden 0.2 ml eklenir. 30 saniye çalkalandıktan sonra 6 dakika ağzı kapalı olarak karanlıkta bekletilir. Süre sonunda 1-2 damla metil oranj damlatılır. 1 N HCl çözeltisinden 0.45 ml eklenerek asitlendirilir. Fazların iyice ayrışması beklenir. Üstteki açık sarı renkteki faz, küçük kapaklı bir cam şişeye aktarılır. Şişenin üzerinden azot gazı verilerek havası boşaltılır, ağzı kapatılarak Gaz Kromatografisi cihazına verilinceye kadar buzdolabında saklanır.

4.2.4.3.2. Kromatografide Tanımlama

Gaz kromatografisi bir karışımdaki gaz halinde bulunan veya kolayca buharlaşabilen bileşenlerin birbirinden ayrılması amacı ile kullanılan bir yöntemdir (Yıldız ve Genç, 1993).

Yöntem, yağlardaki yağ asitlerinin uçucu yağ asidi metil esterlerine dönüştürülmesi, bu yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografisi ile birbirinden ayrıştırılması, kolondan çıkış sürelerinin standart yağ asidi metil esterlerinin çıkış süreleri ile karşılaştırılarak yağ asitlerinin teşhisi ve herbir pikin alanının, pik alanlarının toplamına oranından o yağ asidinin tüm yağ içindeki oranının saptanması ilkesine dayanır (Yaprak, 2000).

Yağ asidi metil esterlerine dönüştürülen örnekler Çizelge 4.2.1.'de verilen koşullarda gaz kromatografisi cihazına verilmiştir.

Uygulanan sıcaklık programlanmasıyla kolon sıcaklığı başlangıç değeri olan 150 °C'den aşamalı olarak 240 °C'ye yükseltilmektedir. 240 °C 'de 15 dk bekletildikten sonra bir sonraki enjeksiyona geçilmektedir. Yağ asidi metilesterleri 0,1 µl olarak 1 µl hacmindeki SGE, 1BR-7/0,47 kodlu enjektör yardımı ile manuel olarak enjekte edilmiştir.

Yağ asitlerinin tanımlanması, elde edilen kromatogramdaki alıkonma sürelerinin Supelco firmasına ait FAME mix Rapeseed 07756-1 Amp yağ asidi metil esterleri standart çözeltisinin aynı koşullardaki enjeksiyonundan elde edilen yağ asitlerinin alıkonma süreleriyle karşılaştırmak suretiyle yapılmıştır.

Çizelge 4.2.1. Kullanılan gaz-kromatografisi aleti ve çalışma koşulları

Alet	Perkin Elmer,Seri no:62808
Dedektör	FID(alev iyonlaşma dedektörü)
Kolon	30 m uzunluğunda, 0.53 mm çapında, 1.5 µm film
İntegratör	Perkin Elmer Minigrator M-27123A
Taşıyıcı gaz	He, 50 ml/dak.
Yardımcı gazlar	H2 ve kuru hava
Enjektör	250 °C
Kolon başlangıç sıcaklığı	150 °C
Kolon bitiş sıcaklığı	240 °C

4.2.5. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmada elde edilen sonuçların değerlendirmesinde SPSS 10.0 paket programı kullanılmıştır. Değerlendirmede varyans analiz tekniği uygulanmış; varyans analizinde ortalamalar arası farkın önemli bulunduğu durumlarda farklılığın hangi değerler arasında olduğunu saptamak amacı ile ortalamalar arası fark kontrolü t-testi ile incelenmiştir. Aynı yağın günlük ve haftalık kızartma ortalamaları arasındaki fark da t-testi ile karşılaştırılmıştır. Bazı parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1 Fiziksel Ölçüm Sonuçları

5.1.1. Kırılma İndisi

Organik maddelerin kırılma indisleri, bu maddelerin özgül ağırlıkları, molekül ağırlıkları ve yapılarıyla ilgili olup, yapıdaki CH₂ grupları, karbon atomu sayısı, hidroksil grupları, karbonil grupları ve çift bağlar kırılma indisini etkilemektedir (Ergin, 1999). Karbon sayısı, oksidasyon, konjugasyon ve hidroksi yağ asitleri miktarı arttıkça kırılma indisi değeri de artmaktadır (Kayahan,1981).

Antioksidansız ve 200 ppm α -tokoferol (α -T.) + 200 ppm Askorbil Palmitat (A.P.) içeren yağ örneklerinin günlük ve haftalık kızartmalarına ait kırılma indisi değerleri Çizelge 5.1.1.'de gösterilmiştir. Bu çizelgeye ait grafikler ise Şekil 5.1.1.'de verilmiştir.

Söz konusu çizelge ve şekil incelendiğinde antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük ve haftalık kızartılmaları sırasında kırılma indisi değerlerinde kızartma sayısının artışına paralel olarak artış meydana geldiği görülmektedir. Çizelgeden görüldüğü gibi başlangıçta 1.4718 olan kırılma indisi değeri, günlük kızartmalarda 10. kızartma sonunda; antioksidansız örnekte 1.4727; 200 ppm (α -T.)+200 ppm (A.P.) içeren örnekte 1.4725 olarak saptanmıştır. Haftalık kızartmalarda ise 10. kızartma sonunda ; antioksidan eklenmeyen yağ örneğinde 1.4728; 200 ppm α -T.+200 ppm A.P. içeren yağ örneğinde ise 1.4726 değerine ulaşmıştır.

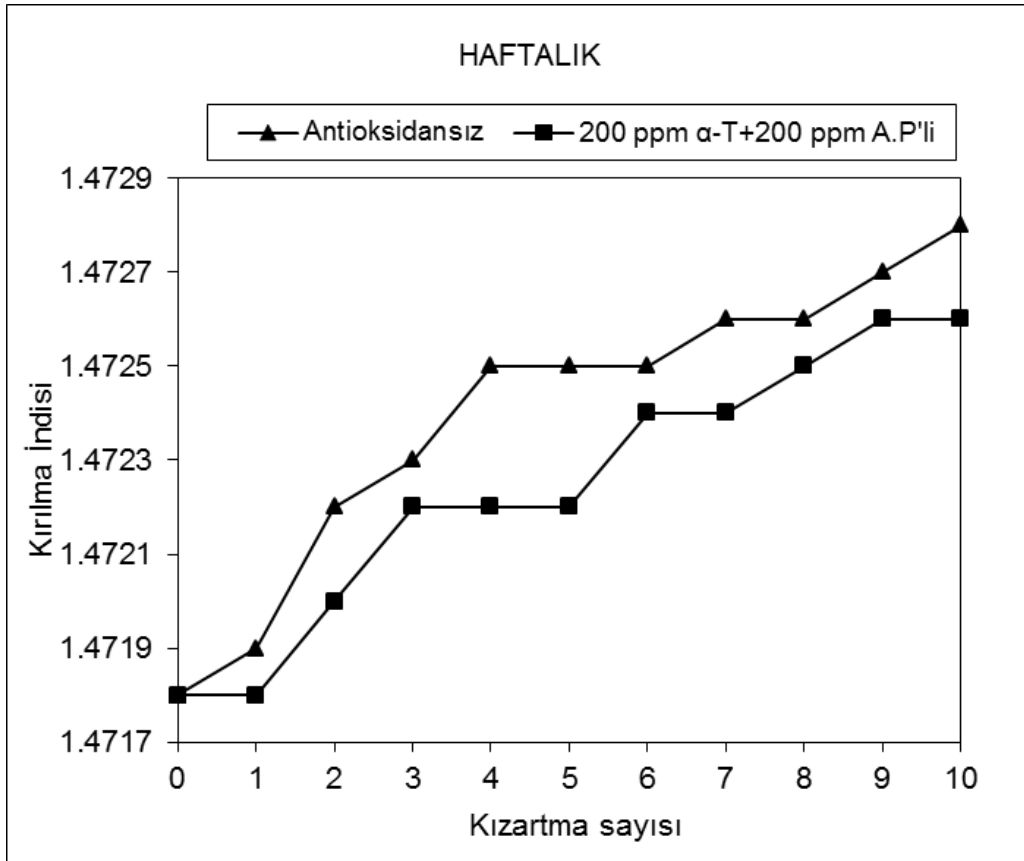
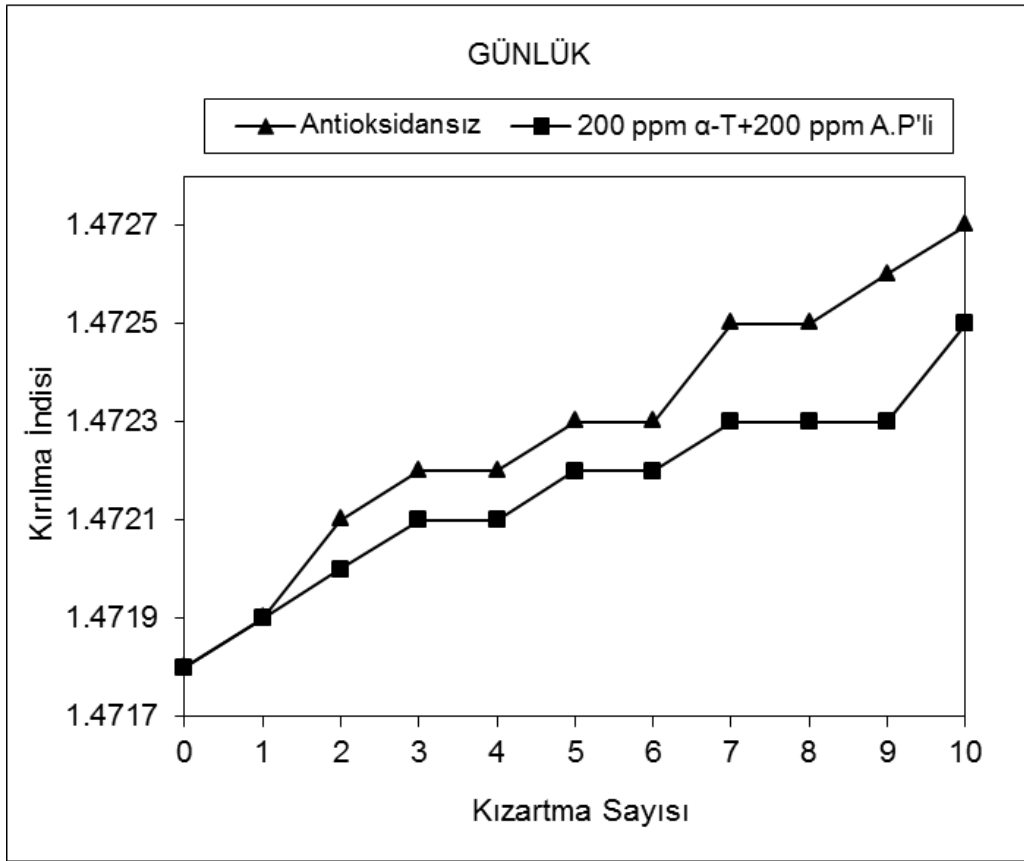
Araştırmada elde edilen verilere ilişkin Şekil 5.1.1 'de de açıkça görüldüğü gibi tüm örneklerdeki kırılma indisi değerleri kızartma sayısına paralel olarak artış göstermiştir. Kırılma indisleri artış göstermesine karşın artışlar çok düşük düzeyde gerçekleştiğinden bu verilere ilişkin varyans analizi yapılamamıştır.

Özdemir (1985) tarafından naturel zeytin yağında, Metin (1987) tarafından ayçiçek yağında ve Karabacak (1996) tarafından mısırözü yağında ve antioksidan olarak 200 ppm α -T. ve 200 ppm A.P. ile 200 ppm α -T. ve 100 ppm A.P. kullanarak günlük ve haftalık olarak yapılan kızartmalarda, kırılma indisinin kızartma sayısına paralel olarak arttığı, fakat bu artışların düşük düzeyde olduğu belirtilmektedir. Metin (1987), antioksidansız ve antioksidanlı yağ örneklerinin günlük ve haftalık kızartmaları sonucu belirlenen kırılma indisi değerleri arasında fark olmadığını,

Çizelge 5.1.1. Rafine kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait kırılma indisi değerleri

Kızartma a Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li	Antioksidansız	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li
	Kızartma	Kızartma	Kızartma	Kızartma
0	1,4718 $\pm$ 0,0000	1,4718 $\pm$ 0,0000	1,4718 $\pm$ 0,0000	1,4718 $\pm$ 0,0000
1	1,4719 $\pm$ 0,0000	1,4719 $\pm$ 0,0000	1,4719 $\pm$ 0,0000	1,4718 $\pm$ 0,0000
2	1,4721 $\pm$ 0,0000	1,4720 $\pm$ 0,0000	1,4722 $\pm$ 0,0000	1,4720 $\pm$ 0,0000
3	1,4722 $\pm$ 0,0000	1,4721 $\pm$ 0,0000	1,4723 $\pm$ 0,0000	1,4722 $\pm$ 0,0000
4	1,4722 $\pm$ 0,0000	1,4721 $\pm$ 0,0000	1,4725 $\pm$ 0,0000	1,4722 $\pm$ 0,0000
5	1,4723 $\pm$ 0,0000	1,4722 $\pm$ 0,0000	1,4725 $\pm$ 0,0000	1,4722 $\pm$ 0,0000
6	1,4723 $\pm$ 0,0000	1,4722 $\pm$ 0,0000	1,4725 $\pm$ 0,0000	1,4724 $\pm$ 0,0000
7	1,4725 $\pm$ 0,0000	1,4723 $\pm$ 0,0000	1,4726 $\pm$ 0,0000	1,4724 $\pm$ 0,0000
8	1,4725 $\pm$ 0,0000	1,4723 $\pm$ 0,0000	1,4726 $\pm$ 0,0000	1,4725 $\pm$ 0,0000
9	1,4726 $\pm$ 0,0000	1,4723 $\pm$ 0,0000	1,4727 $\pm$ 0,0000	1,4726 $\pm$ 0,0000
10	1,4727 $\pm$ 0,0000	1,4725 $\pm$ 0,0000	1,4728 $\pm$ 0,0000	1,4726 $\pm$ 0,0000

$\pm$ Standart sapma



Şekil 5.1.1. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan kırılma indisi değerleri

ayrıca günlük ve haftalık kızartmalardaki ortalamalar arasında da önemli bir farklılık bulunmadığını saptamıştır ($p>0,05$). Kanola yağı kullanılarak yaptığımız benzer çalışmada elde edilen sonuçlar Özdemir (1985), Metin (1987) ve Karabacak (1996) tarafından elde edilen sonuçlarla uyumludur.

Elde ettiğimiz sonuçlar, yağların otoksidasyonu ve termal oksidasyonu sırasında doymamışlık düşüşüne bağlı olarak kırılma indisinin arttığını bildiren bir çok yerli ve yabancı araştırmacının bulguları ile de uyum göstermektedir (Serim, 1979; Varela and Moreiras, 1980; Kayahan, 1983; Miyagawa et al., 1991; Başoğlu, 1992; Tyagi and Pramod, 1994; Goburdhun and Jhurree, 1995; Tyagi and Vasishta, 1996).

5.1.2. Dumanlanma Noktası

Bir yağın dumanlanma noktası, o yağın deneysel koşullarda ısıtıldığında oluşan uçucu bozulma ürünlerinin aerosol veya duman şeklinde uzaklaşmaya başladığı sıcaklık derecesi olup (Vaisey et al., 1988), katı ve sıvı yağların dumanlanma noktaları onların dayanıklılığıyla ilgilidir (MacLenbacker, 1960).

Günlük ve haftalık kızartma denemelerinde kullanılan yağlara ait dumanlanma noktası değerleri Çizelge 5.1.2. 'de ve bu değerlerin denemeler süresince gösterdiği değişimlere ait grafikler Şekil 5.1.2. 'de gösterilmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi tüm gruplarda saptanan dumanlanma noktası değerleri kızartma sayısı arttıkça düşmektedir.

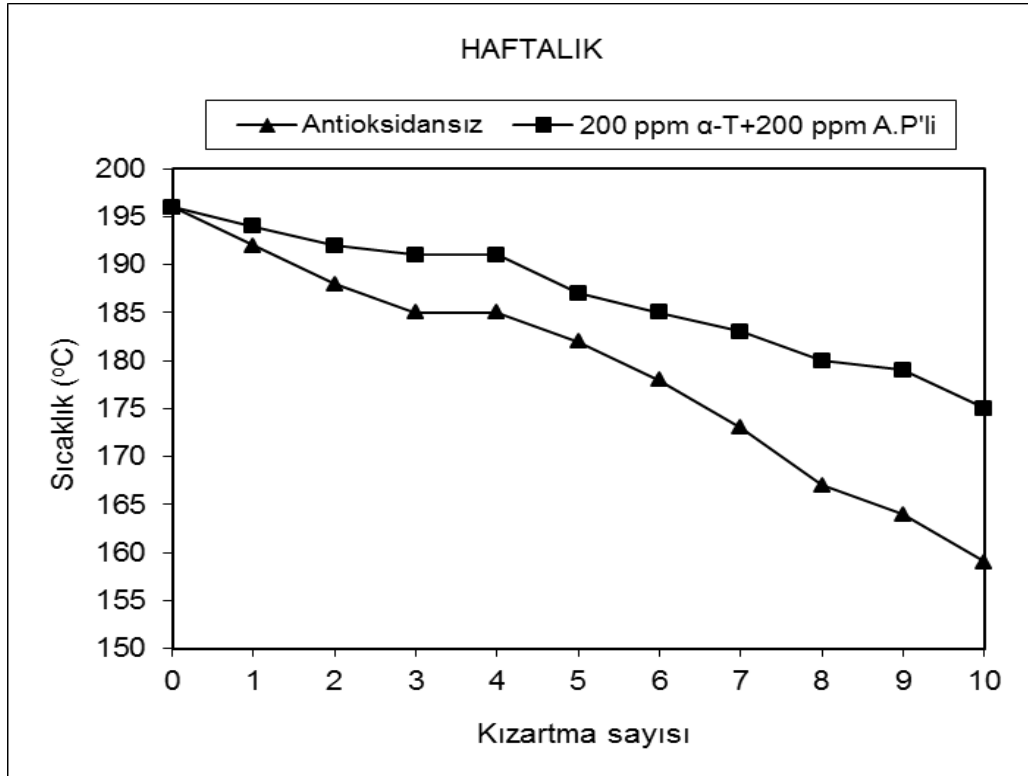
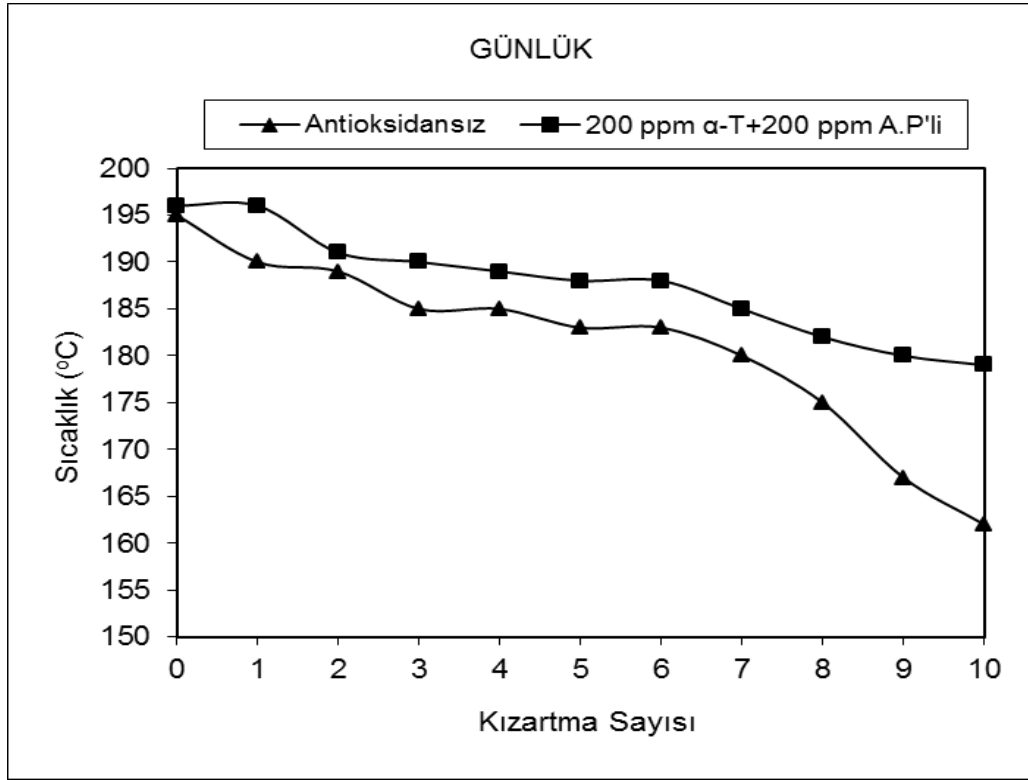
Antioksidansız ve antioksidanlı yağlar için günlük kızartmalarda saptanan dumanlanma noktası başlangıç değerleri sırasıyla $195 \pm 0,71$ ve $196 \pm 0,71$ °C'dir. Haftalık kızartmalarda ise her iki yağ için dumanlanma noktası başlangıç değeri $196 \pm 0,71$ °C'dir. Dumanlanma noktası, 10 kez tekrarlanan kızartma işlemlerinden sonra günlük kızartmalarda antioksidan içermeyen yağda 162 ± 2.82 °C'ye , 200 ppm α -T.+200 ppm A.P. içeren yağda 179 ± 0.71 °C'ye düşmüştür. Haftalık kızartmalarda ise antioksidansız gruplarda 159 ± 0 °C'ye; 200 ppm α -T.+200 ppm A.P. içeren yağda ise 175 ± 0.71 °C'ye düşmüştür.

Çizelge 5.1.3. ve Çizelge 5.1.4. birlikte incelendiğinde, yağ örneklerinin dumanlanma noktası değerlerinde yağlar, kızartma sayısı ve yağ $\times$ kızartma sayısı etkileşiminin $p<0,05$ düzeyinde önemli etkiye bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1.2. Rafine kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait dumanlanma noktası değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	195 $\pm$ 0,71	196 $\pm$ 0,71	196 $\pm$ 0,71	196 $\pm$ 0,71
1	190 $\pm$ 0,00	196 $\pm$ 0,71	192 $\pm$ 0,71	194 $\pm$ 0,00
2	189 $\pm$ 0,00	191 $\pm$ 1,41	188 $\pm$ 0,00	192 $\pm$ 0,00
3	185 $\pm$ 0,00	190 $\pm$ 0,71	185 $\pm$ 0,00	191 $\pm$ 0,00
4	185 $\pm$ 0,71	189 $\pm$ 0,71	185 $\pm$ 0,00	191 $\pm$ 0,00
5	183 $\pm$ 0,00	188 $\pm$ 1,41	182 $\pm$ 0,00	187 $\pm$ 0,00
6	183 $\pm$ 0,71	188 $\pm$ 0,00	178 $\pm$ 0,00	185 $\pm$ 0,00
7	180 $\pm$ 0,71	185 $\pm$ 0,71	173 $\pm$ 0,00	183 $\pm$ 0,00
8	175 $\pm$ 1,41	182 $\pm$ 0,71	167 $\pm$ 0,00	180 $\pm$ 0,00
9	167 $\pm$ 4,20	180 $\pm$ 0,00	164 $\pm$ 0,71	179 $\pm$ 0,00
10	162 $\pm$ 2,82	179 $\pm$ 0,71	159 $\pm$ 0,00	175 $\pm$ 0,71

$\pm$ Standart sapma



Şekil 5.1.2. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan dumanlanma noktası değerleri

Çizelge 5.1.3. Günlük kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	426,568	426,568	250,253	0,000*
Kızartma sayısı	10	2360,490	236,041	138,477	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	208,682	20,868	12,243	0,000*
Hata	22	37,500	1,705	—	—

S.D: Serbestlik derecesi, K.T: Kareler toplamı, K.O:Kareler ortalaması, F:F değeri., * < 0,05 farklılık önemlidir.

Çizelge 5.1.4. Haftalık kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	688,091	688,091	2162,571	0,000*
Kızartma sayısı	10	3468,636	346,864	1090,143	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	262,909	26,291	82,629	0,000*
Hata	22	7,000	0,318	—	—

Yağların günlük ve haftalık kızartılmaları arasında uygulanan t-testine göre antioksidansız ve antioksidan eklenmiş yağların günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Farklılığın hangi yağlardan geldiğinin saptanması amacı ile yağ ortalamalarına t-testi uygulanmıştır. Buna göre antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük kızartmalarının dumanlanma noktası değerlerinin ortalamaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı sonuç her iki yağın haftalık kızartmalarındaki ortalamalar arasındaki fark için de geçerlidir ($p<0,05$). Bu bilgilere göre günlük ve haftalık kızartmalarda dumanlanma noktası değerlerindeki düşüş en fazla antioksidansız yağda olmuştur. Pek çok araştırmacının yaptığı çalışmalarda dumanlanma noktası ≤ 170 °C olduğunda yağların artık kızartma amaçlı kullanılmaması gerektiği belirtilmektedir (White, 1991; Perkins, 1996; Barbosa-Canovasa, 1999; Gertz, 2000).

Çizelge 5.1.2. incelendiğinde, antioksidan içermeyen yağlarda dumanlanma noktası değerinin, günlük kızartmalarda 9. kızartma işleminden sonra; haftalık kızartmalarda ise 8. kızartma işleminden sonra 170 °C nin altına düştüğü görülmektedir. Antioksidan içeren grupların günlük ve haftalık kızartmalarında 10.

kızartma sonunda bile dumanlanma noktası değerleri 170 °C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda kalmıştır.

Dumanlanma noktası konusundaki bulgularımız, Karabacak (1996) 'ın mısırözü yağında elde ettiği bulgularla uyum göstermektedir.

Dumanlanma noktası, derin kızartmada kullanılacak yağlar için önemli bir kalite kriteridir. Bir yağın dumanlanma noktası, o yağın bileşimine bağlıdır. Serbest yağ asitleri ile mono ve digliseritler, trigliseritlerden daha az stabil olup naturel yağların dumanlanma noktaları önemli derecede bunların yağdaki miktarına bağlıdır (Maclenbacker,1960).

5.1.3. Renk Tayini

Bitkisel yağların rengi ışık etkisi, uzun süreli depolama ve ısıtma sonucu koyulaşmaktadır (Robertson et al., 1978; Gwo et al., 1985; Xu et al., 1999). Fritsch (1981), yağların renginin materyalsiz ısıtmaya kıyasla patates kızartıldığında, patatesteki kahverengi pigmentlerin kızartma yağının içinde çözünmesi sonucu daha hızlı koyulaştığını bildirmiştir.

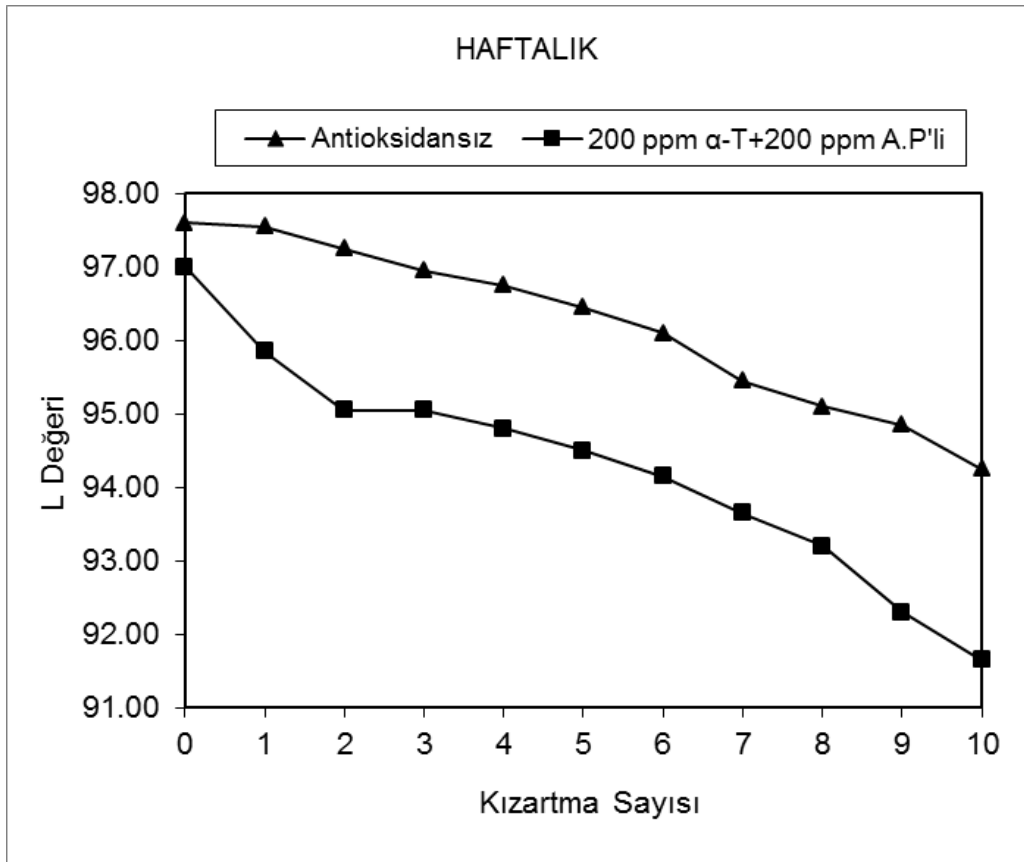
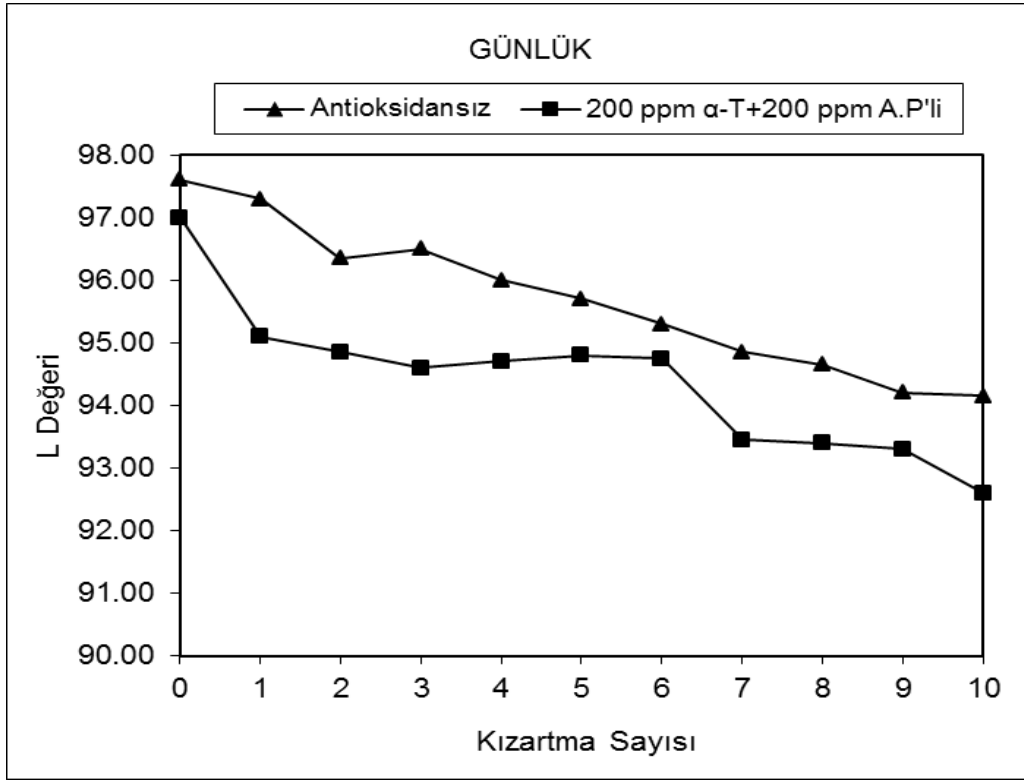
Yağların renkleri kızartma sırasında açık ve mat sarıdan açık renge dönüşmekte, açık renk de kızartma sırasında zamanla koyu kahveye dönüşmektedir (Xu et al., 1999).

Dr.Lico 200 renk ölçüm cihazı Hunter renk sisteminde ölçüm yaparak, rengin açık renkten koyu renge dönüşme eğilimini L renk değeri olarak saptamaktadır. Ayrıca kırmızımsı ve yeşilimsi renkteki değişimi a değeri olarak verirken, sarımsı ve mavimsi renkteki değişimi ise b renk değeri olarak vermektedir. Renk ölçümünde farklı renkler saptanabilmesine karşın bizim için önemli olan kızartma sırasında yağda meydana gelen renk koyulaşmasıdır . Bu değişim L renk değeri olarak saptanmaktadır. Bu nedenle L renk değerindeki değişim, günlük ve haftalık kızartmalardaki renk değişiminin yorumlanmasında kullanılmıştır.

Kızartılan yağlarda Hunter renk sistemine göre elde edilen L değerlerine ait veriler Çizelge 5.1.5. 'de, a değerleri Çizelge 5.1.6. 'da ve b değerleri de Çizelge 5.1.7. 'de verilmiştir. L,a,b verileri ışığında çizilen grafikler de sırasıyla Şekil 5.1.3., Şekil 5.1.4. ve Şekil 5.1.5.' de görölmektedir.

Çizelge 5.1.5. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 'L' renk değerleri

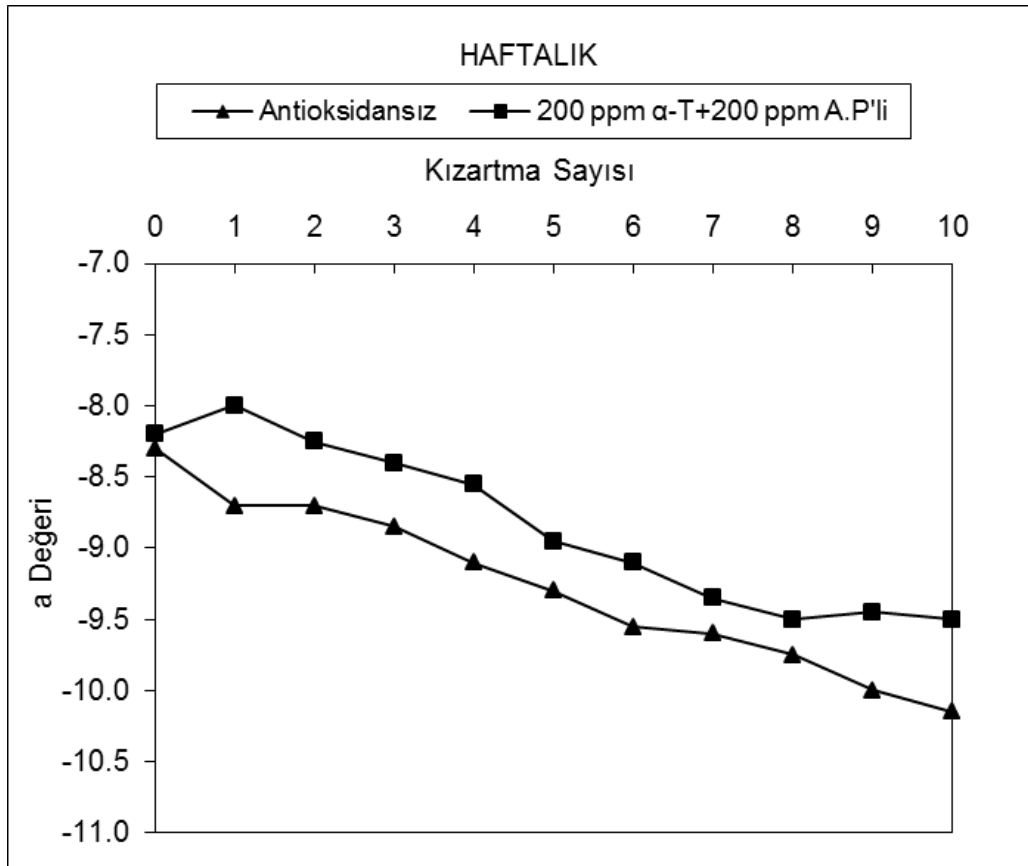
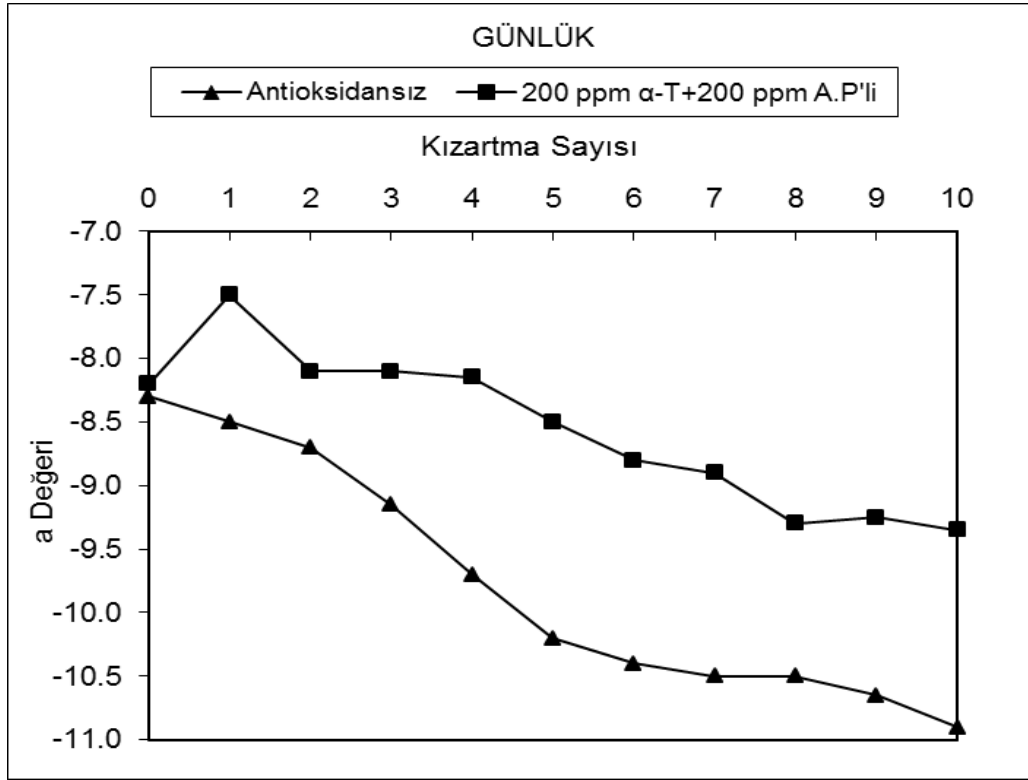
Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	97.6 $\pm$ 0.14	97.0 $\pm$ 0.07	97.6 $\pm$ 0.28	97.0 $\pm$ 0.07
1	97.3 $\pm$ 0.00	95.1 $\pm$ 0.00	97.6 $\pm$ 0.07	95.9 $\pm$ 0.07
2	96.4 $\pm$ 0.21	94.9 $\pm$ 0.07	97.3 $\pm$ 0.07	95.1 $\pm$ 0.07
3	96.5 $\pm$ 0.00	94.6 $\pm$ 0.00	97.0 $\pm$ 0.35	95.1 $\pm$ 0.07
4	96.0 $\pm$ 0.00	94.7 $\pm$ 0.07	96.8 $\pm$ 0.35	94.8 $\pm$ 0.00
5	95.7 $\pm$ 0.00	94.8 $\pm$ 0.00	96.5 $\pm$ 0.07	94.5 $\pm$ 0.14
6	95.3 $\pm$ 0.14	94.8 $\pm$ 0.07	96.1 $\pm$ 0.14	94.2 $\pm$ 0.07
7	94.9 $\pm$ 0.07	93.5 $\pm$ 0.21	95.5 $\pm$ 0.07	93.7 $\pm$ 0.21
8	94.7 $\pm$ 0.21	93.4 $\pm$ 0.00	95.1 $\pm$ 0.00	93.2 $\pm$ 0.00
9	94.2 $\pm$ 0.28	93.3 $\pm$ 0.14	94.9 $\pm$ 0.07	93.3 $\pm$ 0.14
10	94.2 $\pm$ 0.42	92.6 $\pm$ 0.28	94.3 $\pm$ 0.49	91.7 $\pm$ 0.07



Şekil 5.1.3. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan L renk değerleri

Çizelge 5.1.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 'a' renk değerleri

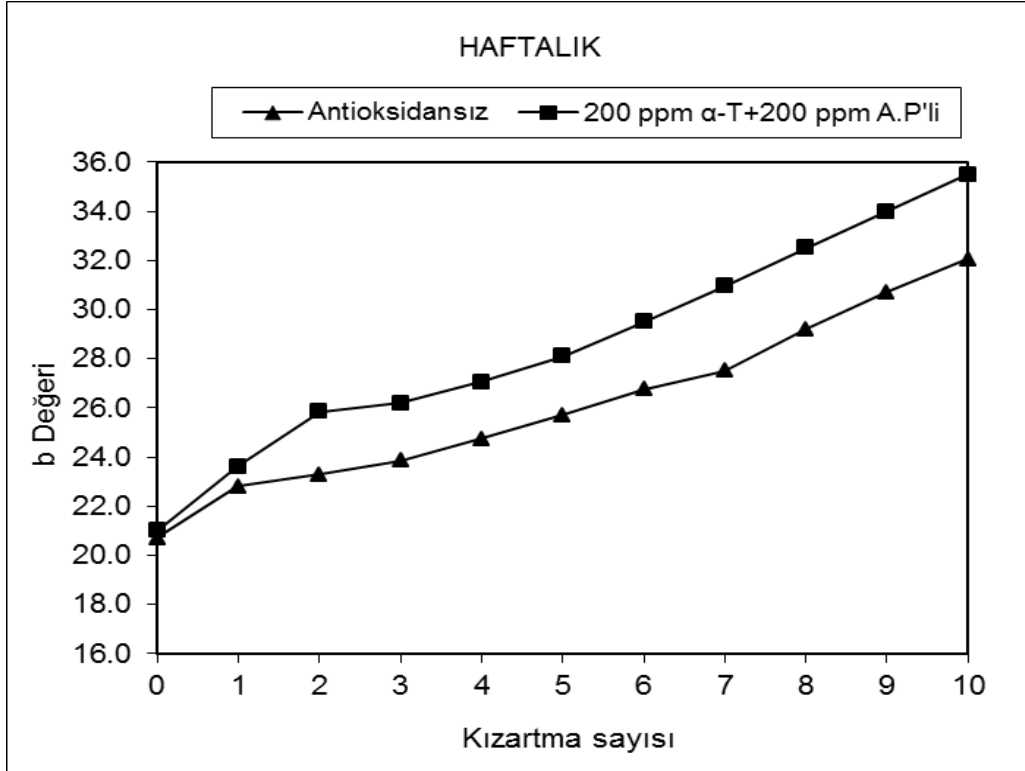
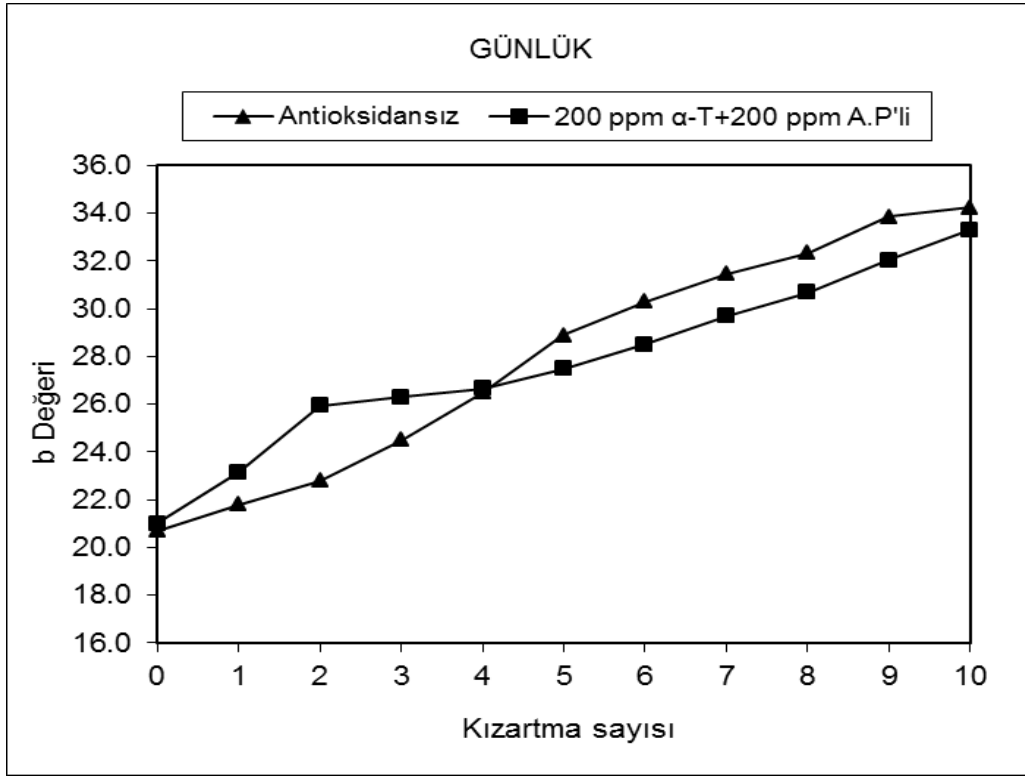
Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	-8.3 $\pm$ 0.00	-8.2 $\pm$ 0.07	-8.3 $\pm$ 0.00	-8.2 $\pm$ 0.00
1	-8.5 $\pm$ 0.00	-7.5 $\pm$ 0.00	-8.7 $\pm$ 0.00	-8.0 $\pm$ 0.00
2	-8.7 $\pm$ 0.00	-8.1 $\pm$ 0.00	-8.7 $\pm$ 0.00	-8.3 $\pm$ 0.07
3	-9.2 $\pm$ 0.00	-8.1 $\pm$ 0.00	-8.9 $\pm$ 0.07	-8.4 $\pm$ 0.00
4	-9.7 $\pm$ 0.00	-8.2 $\pm$ 0.07	-9.1 $\pm$ 0.00	-8.6 $\pm$ 0.07
5	-10.2 $\pm$ 0.00	-8.5 $\pm$ 0.14	-9.3 $\pm$ 0.00	-9.0 $\pm$ 0.07
6	-10.4 $\pm$ 0.00	-8.8 $\pm$ 0.14	-9.6 $\pm$ 0.07	-9.1 $\pm$ 0.00
7	-10.5 $\pm$ 0.00	-8.9 $\pm$ 0.00	-9.6 $\pm$ 0.00	-9.4 $\pm$ 0.07
8	-10.5 $\pm$ 0.00	-9.3 $\pm$ 0.00	-9.8 $\pm$ 0.07	-9.5 $\pm$ 0.00
9	-10.7 $\pm$ 0.07	-9.3 $\pm$ 0.07	-10.0 $\pm$ 0.00	-9.5 $\pm$ 0.07
10	-10.9 $\pm$ 0.00	-9.4 $\pm$ 0.07	-10.2 $\pm$ 0.07	-9.5 $\pm$ 0.00



Şekil 5.1.4. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan a renk değerleri

Çizelge 5.1.7. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 'b' renk değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	20.7 $\pm$ 0.00	21.0 $\pm$ 0.00	20.7 $\pm$ 0.00	21.0 $\pm$ 0.00
1	21.8 $\pm$ 0.00	23.2 $\pm$ 0.07	22.8 $\pm$ 0.00	23.6 $\pm$ 0.00
2	22.8 $\pm$ 0.00	26.0 $\pm$ 0.07	23.3 $\pm$ 0.00	25.9 $\pm$ 0.07
3	24.5 $\pm$ 0.00	26.3 $\pm$ 0.00	23.9 $\pm$ 0.07	26.2 $\pm$ 0.00
4	26.5 $\pm$ 0.00	26.7 $\pm$ 0.07	24.8 $\pm$ 0.07	27.1 $\pm$ 0.07
5	28.9 $\pm$ 0.00	27.5 $\pm$ 0.00	25.7 $\pm$ 0.00	28.1 $\pm$ 0.00
6	30.3 $\pm$ 0.07	28.5 $\pm$ 0.00	26.8 $\pm$ 0.07	29.5 $\pm$ 0.00
7	31.5 $\pm$ 0.07	29.7 $\pm$ 0.00	27.5 $\pm$ 0.00	31.0 $\pm$ 0.07
8	32.4 $\pm$ 0.07	30.7 $\pm$ 0.00	29.2 $\pm$ 0.00	32.5 $\pm$ 0.00
9	33.9 $\pm$ 0.07	32.1 $\pm$ 0.07	30.7 $\pm$ 0.00	34.0 $\pm$ 0.00
10	34.3 $\pm$ 0.07	33.3 $\pm$ 0.00	32.1 $\pm$ 0.07	35.5 $\pm$ 0.00



Şekil 5.1.5 Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan b renk değerleri

Çizelgelerden de görüldüğü gibi a ve b değerleri günlük ve haftalık kızartmaların tümünde kızartma sayısına paralel olarak artış göstermiştir. L değeri ise aksine tüm gruplarda azalma göstermiştir. Ayrıca yine çizelgelerde görüldüğü gibi yağlara antioksidan ve sinerjist ilavesi yağın renginin, hiçbir katkı içermeyen gruplara kıyasla az da olsa artmasına yol açmıştır.

Çizelge 5.1.8. 'de ve Çizelge 5.1.9 'da günlük ve haftalık kızartmalara ait varyans analiz sonuçlarının incelenmesinden anlaşılabacağı gibi günlük ve haftalık kızartmalara ilişkin L renk değerlerini kızartma sayısı, yağ × kızartma sayısı ve kullanılan yağlar ayrı ayrı önemli derecede etkilemektedir ($p<0,05$)

Çizelge 5.1.8. Günlük kızartmalara ilişkin L renk değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	18,202	18,202	696,426	0,000*
Kızartma sayısı	10	52,917	5,292	202,466	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	2,615	0,262	10,007	0,000*
Hata	22	0,575	0,0261	—	—

Çizelge 5.1.9. Haftalık kızartmalara ilişkin L renk değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	40,666	40,666	1217,204	0,000*
Kızartma sayısı	10	70,852	7,085	212,075	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	2,617	0,262	7,833	0,000*
Hata	22	0,735	0,03341	—	—

Her iki yağın günlük ve haftalık kızartmaları sırasında başlangıçtan 10. güne ve 10. haftaya kadar L renk değerlerinde meydana gelen değişim önemlidir ($p<0,05$). Günlük ve haftalık kızartmalarda L renk değeri her iki yağ için kızartma sayısı arttıkça azalmıştır.

Antoksidansız ve antioksidanlı yağların günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$).

L renk değerinde yağ ortalamaları arasındaki farklılığın kontrolü için yapılan t-testine göre, günlük kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arasındaki

fark ile yine aynı yağların haftalık kızartmaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu sonuç antioksidansız yağdaki kararma miktarının antioksidanlı yağdan daha düşük olduğunu göstermektedir.

Rengin koyulaşması komplike bir işlemdir. Renk koyulaşması yağda kızartılan gıdada bulunan yağ asitleri, dimer ve polimerler ile diğer minör bileşiklerin interaksiyonundan etkilenmektedir (Xu et al.,1999)

Fenolik antioksidanlar ısı ve metal varlığında renkli bileşikler oluşturarak yağların rengini koyulaştırmaktadır (Gwo et al.,1985).

Özdemir(1985); Metin (1987) ve Karabacak (1996) tarafından yapılan çalışmalarda Lovibond kırmızı ve sarı renk değerlerinin kızartma sayısına paralel olarak arttığı ve artışların antioksidanlı yağda daha fazla olduğu saptanmıştır. Antioksidan ilavesi başlangıçtaki, yağın renginin bir miktar koyulaşmasına yol açmıştır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar kızartma sayısına paralel olarak yağın renginde kararma meydana geldiğini belirten Fritsch, 1979; Özdemir (1985); Metin (1987) Miyagawa et al (1991); Al-Kahtani (1991), Karabacak (1996); Tyagi and Vasishtha (1996); Simonne and Eitenmiller (1998); Che Man and Tan (1999) ve Tompkins and Perkins (2000); Xu et al. (2000) ile uyum göstermektedir.

Çizelge 5.1.10. ve Çizelge 5.1.11.'e göre yağ örneklerinin günlük ve haftalık kızartmalara ait 'a' renk değerlerinde yağ, kızartma sayısı ve yağ $\times$ kızartma sayısı etkileşiminin $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.1.10. Günlük kızartmalara ilişkin 'a' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	16,324	16,324	5130,286	0,000*
Kızartma sayısı	10	23,052	2,305	724,486	0,000*
Yağ $\times$ Kızartma sayısı	10	2,376	0,238	74,686	0,000*
Hata	22	0,07	0,003182	—	—

Çizelge 5.1.11. Haftalık kızartmalara ilişkin 'a' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	2,051	2,051	1002,778	0,000*
Kızartma sayısı	10	13,360	1,336	653,178	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	0,331	0,03314	16,200	0,000*
Hata	22	0,0450	0,02045	—	—

Yağların günlük ve haftalık kızartılmaları arasında uygulanan t-testine göre, antioksidansız yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$) ve a renk artışı günlük kızartmada daha fazla olmuştur. Antioksidanlı yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Farklılığın hangi örneklerden geldiğinin saptanması amacı ile yağ ortalamalarına t-testi uygulanmıştır. Buna göre antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük kızartmalarında a renk değerlerinin ortalamaları arasındaki fark ile yağların haftalık kızartmaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Yağ örneklerinin günlük ve haftalık kızartmalara ait b renk değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 5.1.12. ve Çizelge 5.1.13) günlük ve haftalık kızartmalarda yağ, kızartma sayısı ve yağ × kızartma sayısı etkileşiminin $p<0,05$ düzeyinde önemli etkide bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1.12. Günlük kızartmalara ilişkin 'b' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	0,615	0,615	338,000	0,000*
Kızartma sayısı	10	728,642	72,864	40075,33	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	29,610	2,961	1628,575	0,000*
Hata	22	0,04	0,001818	—	—

Çizelge 5.1.13. Haftalık kızartmalara ilişkin 'b' renk değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	66,028	66,028	41503,00	0,000*
Kızartma sayısı	10	630,120	63,012	39607,57	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	10,925	1,093	686,714	0,000*
Hata	22	0,0350	0,001591	—	—

Yağların günlük ve haftalık kızartılmaları arasında uygulanan t-testine göre, antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$).

Farklılığın hangi yağlardan geldiğinin saptanması amacı ile yağ ortalamalarına t-testi uygulanmıştır. Buna göre antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük kızartmalarında b renk değerlerinin ortalamaları arasındaki fark önemsiz bulunurken ($p>0,05$), aynı yağların haftalık kızartmaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

5.1.4. UV Absorbsiyon

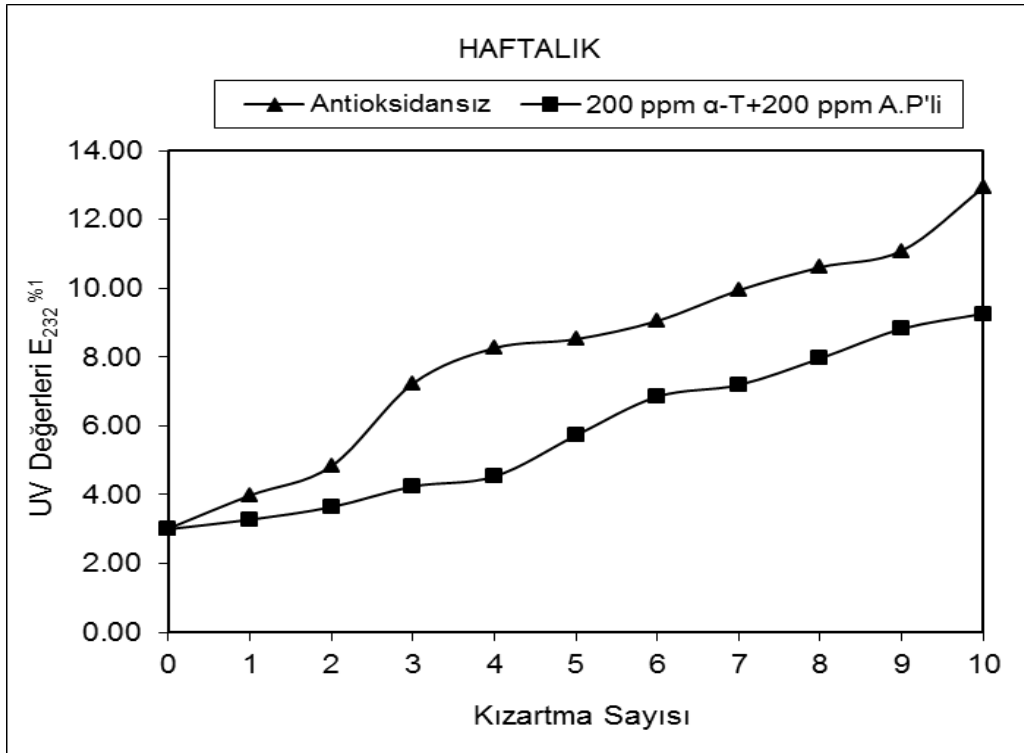
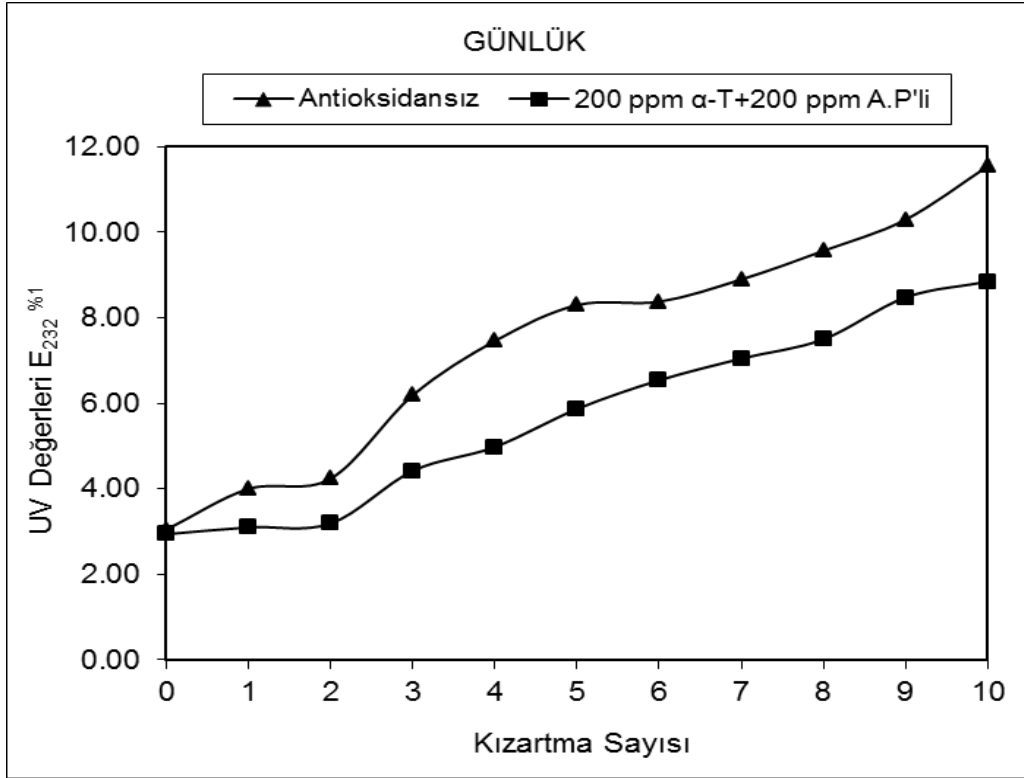
Oksidasyon sonucu polienik yapıdaki izolen yağ asitlerinden oluşan dien konjuge peroksitler 230-232 nm'de; konjuge ketodienler, dienaller ve trienler ise 268-270 nm'de maksimum absorbands gösterirler (Noor and Augustin,1984; Nawar,1985; Asap and Augustin,1986).

Oksidatif tepkimeler sırasında, moleküler oksijenin çift bağlar nedeniyle zincire peroksit formda bağlanması sonucu çift bağların labilite kazanması izolen yapıların konjuge yapıya dönüşmesinde en önemli faktördür. Bu nedenle aşırı doymamış yapı gösteren organik bileşiklerde, oksidatif tepkimelerin izlenmesinde konjuge yapının ölçümü ve saptanması en önemli kriterdir (Noor and Augustin, 1984; Asap and Augustin, 1986).

Günlük ve haftalık kızartma yağlarına ait 232 nm ve 270 nm dalga boyundaki UV absorbands değerleri sırasıyla Çizelge 5.1.14 ve 5.1.15'de verilmiş ve çizelgelere ait grafikler Şekil 5.1.6. ve Şekil 5.1.7.'de gösterilmiştir. Söz konusu çizelgeler ve şekillerden de görüldüğü gibi antioksidansız ve antioksidanlı kızartma yağlarında günlük ve haftalık ölçümlerde E232%1 ve E270%1 değerleri kızartma sayısının artışına paralel olarak yükselmektedir. 232 ve 270 nm'deki UV absorbands değerleri

Çizelge 5.1.14. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 232 nm'deki $E_{232}^{%1}$ değerleri

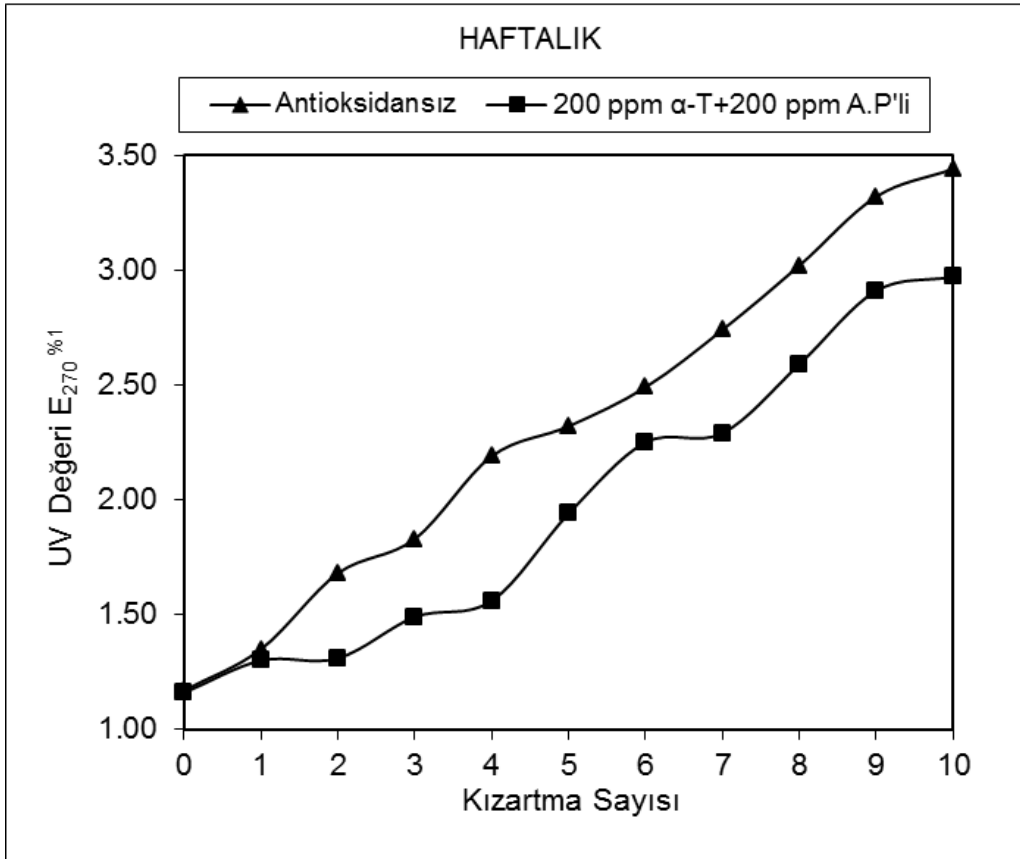
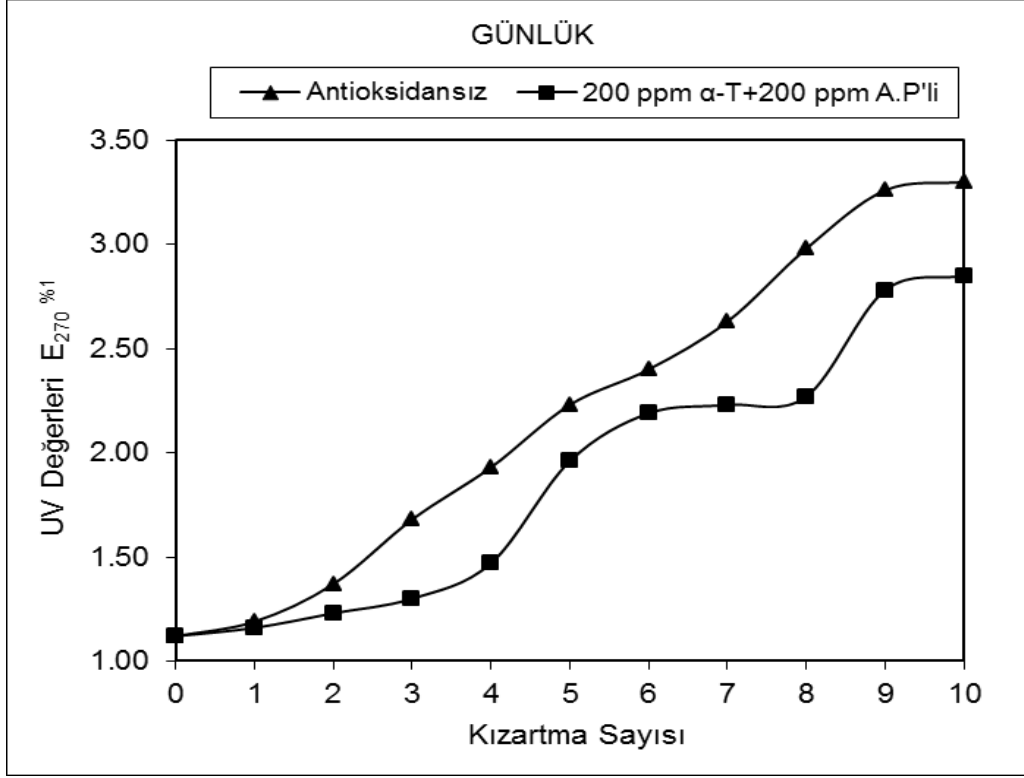
Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	3.05 $\pm$ 0.106	2.94 $\pm$ 0.085	3.02 $\pm$ 0.106	3.00 $\pm$ 0.021
1	4.00 $\pm$ 0.141	3.10 $\pm$ 0.028	3.98 $\pm$ 0.042	3.28 $\pm$ 0.007
2	4.24 $\pm$ 0.149	3.19 $\pm$ 0.156	4.83 $\pm$ 0.007	3.64 $\pm$ 0.297
3	6.19 $\pm$ 0.361	4.42 $\pm$ 0.233	7.23 $\pm$ 0.240	4.24 $\pm$ 0.064
4	7.46 $\pm$ 0.014	4.98 $\pm$ 0.099	8.26 $\pm$ 0.262	4.53 $\pm$ 0.368
5	8.30 $\pm$ 0.219	5.87 $\pm$ 0.078	8.52 $\pm$ 0.021	5.72 $\pm$ 0.184
6	8.38 $\pm$ 0.863	6.54 $\pm$ 0.177	9.05 $\pm$ 0.014	6.85 $\pm$ 0.078
7	8.90 $\pm$ 0.502	7.05 $\pm$ 0.035	9.94 $\pm$ 0.050	7.19 $\pm$ 0.219
8	9.57 $\pm$ 0.481	7.50 $\pm$ 0.332	10.61 $\pm$ 0.007	7.96 $\pm$ 0.106
9	10.30 $\pm$ 0.375	8.48 $\pm$ 0.156	11.09 $\pm$ 0.000	8.82 $\pm$ 0.113
10	11.55 $\pm$ 0.297	8.85 $\pm$ 0.170	12.92 $\pm$ 0.035	9.26 $\pm$ 0.092



Şekil 5.1.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan 232 nm'deki $E_{232}^{\%1}$ değerleri

Çizelge 5.1.5. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait 270 nm'deki $E_{270}^{%1}$ değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	1.13 $\pm$ 0.134	1.13 $\pm$ 0.177	1.17 $\pm$ 0.191	1.17 $\pm$ 0.035
1	1.19 $\pm$ 0.042	1.16 $\pm$ 0.042	1.35 $\pm$ 0.000	1.30 $\pm$ 0.035
2	1.37 $\pm$ 0.042	1.23 $\pm$ 0.050	1.68 $\pm$ 0.120	1.31 $\pm$ 0.035
3	1.68 $\pm$ 0.014	1.30 $\pm$ 0.219	1.83 $\pm$ 0.113	1.49 $\pm$ 0.028
4	1.93 $\pm$ 0.085	1.47 $\pm$ 0.007	2.19 $\pm$ 0.163	1.56 $\pm$ 0.113
5	2.23 $\pm$ 0.035	1.96 $\pm$ 0.021	2.32 $\pm$ 0.071	1.94 $\pm$ 0.021
6	2.40 $\pm$ 0.057	2.19 $\pm$ 0.120	2.49 $\pm$ 0.007	2.25 $\pm$ 0.050
7	2.63 $\pm$ 0.127	2.23 $\pm$ 0.290	2.74 $\pm$ 0.106	2.29 $\pm$ 0.078
8	2.98 $\pm$ 0.212	2.27 $\pm$ 0.064	3.02 $\pm$ 0.007	2.59 $\pm$ 0.071
9	3.26 $\pm$ 0.021	2.78 $\pm$ 0.064	3.32 $\pm$ 0.106	2.91 $\pm$ 0.007
10	3.30 $\pm$ 0.021	2.85 $\pm$ 0.064	3.44 $\pm$ 0.042	2.97 $\pm$ 0.042



Şekil 5.1.7. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan 270 nm'deki $E_{270} \%1$ değerleri

incelendiğinde hem günlük hem de haftalık kızartmalarda en fazla artış antioksidan katılmayan yağlarda olduğu görülmektedir.

Günlük ve haftalık kızartmalara ilişkin E232%1 değerlerinin varyans analiz sonuçlarının (Çizelge 5.1.16. ve Çizelge 5.1.17.) incelenmesi ile yağ örneklerindeki farklılıklar üzerine yağlar, kızartma sayısı ve yağ $\times$ kızartma sayısı ilişkisinin önemli etkide bulunduğu görülmektedir ($p<0,05$).

Yağların günlük ve haftalık kızartılmaları arasında uygulanan t-testine göre antioksidansız ve antioksidan eklenmiş yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 5.1.16. Günlük kızartmalara ilişkin E232%1 değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	34,586	34,586	385,037	0,000*
Kızartma sayısı	10	236,963	23,696	263,805	0,000*
Yağ $\times$ Kızartma sayısı	10	6,222	0,622	6,927	0,000*
Hata	22	1,976		—	—

Çizelge 5.1.17. Haftalık kızartmalara ilişkin E232%1 değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	56,251	56,251	2516,075	0,000*
Kızartma sayısı	10	282,722	28,272	1264,588	0,000*
Yağ $\times$ Kızartma sayısı	10	14,045	1,404	62,822	0,000*
Hata	22	0,492	0,0236	—	—

Farklılığın hangi yağlardan geldiğinin saptanması amacı ile yağ ortalamalarına uygulanan t-testine göre antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük kızartmalarının E232%1 değerlerinin ortalamaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı sonuç, her iki yağın haftalık kızartmalarının E232%1 değerlerinin ortalamaları arasındaki fark için de geçerlidir ($p<0,05$). Bu bilgilere göre günlük ve haftalık kızartmalarda antioksidansız yağlardaki E232%1 değerlerindeki artışın antioksidanlı yağdan daha yüksek olduğu bulunmuştur. Antioksidan ilavesi günlük ve haftalık kızartmalarda E232%1 değerlerindeki artışı azaltmada etkili olmuştur.

Konjuge dien ve trienler, polimerleri oluşturmakta ve konjuge dien oluşum hızı ile polimer oluşturan bileşikler arasında bir denge meydana gelmektedir (Al-Kahtani, 1991; Che Man and Tan, 1999).

Kızartma sayısına paralel olarak 232 nm'deki absorbsiyonun arttığı Miyagawa, (1991); Tyagi and Pramod (1994), Che Man and Tan (1999) ve Petukhov et al., (1999) tarafından belirtilirken, Tyagi and Vasishtha (1996) kızartma süresi yanında kızartma sıcaklığının artmasıyla da 230-232 nm'deki absorbsiyonda artış olduğunu saptamıştır.

Isıtılmış yağlarda 230-232 nm'deki absorbans değerlerinde oldukça fazla artış olduğu, kızartma sayısı arttıkça ve süre uzadıkça absorbans değerinin sürekli arttığı, Pokorny (1973), Özdemir (1985) ve Metin (1987) tarafından da belirtilmektedir.

Çizelge 5.1.15 'de verilen E270%1 değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.1.18. ve Çizelge 5.1.19.'da gösterilmiştir. Çizelgeler birlikte incelendiğinde yağlar, kızartma sayısı ve yağ × kızartma sayısı etkileşiminin yağ örneklerinin E270%1 değerlerindeki farklılıklar üzerine etkisinin önemli olduğu görölmektedir ($p < 0,05$).

Çizelge 5.1.18. Günlük kızartmalara ilişkin E270%1 değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	1,139	1,139	86,336	0,000*
Kızartma sayısı	10	20,594	2,059	156,067	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	0,466	0,04657	3,529	0,007*
Hata	22	0,290	0,0132	—	—

Çizelge 5.1.19. Haftalık kızartmalara ilişkin E270%1 değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	1,292	1,292	172,591	0,000*
Kızartma sayısı	10	20,174	2,017	269,480	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	0,356	0,03559	4,754	0,001*
Hata	22	0,165	0,00786	—	—

Günlük ve haftalık kızartmalar arasında uygulanan t-testi sonucunda antioksidansız yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı sonuca antioksidanlı yağın her iki deneme sürecindeki kızartmaları için de ulaşılmıştır ($p>0,05$).

E270%1 değerlerine ilişkin ortalamalar arasındaki farklılığı belirlemek için yapılan t-testi sonucu, antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük kızartmaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı sonuca yağların haftalık kızartmaları arasındaki fark için de ulaşılmıştır ($p>0,05$). Bu bilgilerin ışığında günlük ve haftalık kızartmalarda 10. kızartma sonunda E270%1 değeri, antioksidanlı yağda antioksidansız yağa göre daha düşük olsa da her iki yağın ortalamaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Antioksidan ilavesi günlük ve haftalık kızartmalarda E270%1 değerlerindeki artışı azaltmada etkili olmamıştır.

Araştırma bulgularımız kızartma sayısı arttıkça E232%1 ve E270%1 değerinde artış olduğunu saptayan Serim (1979), Özdemir (1985), Metin (1987), Asap and Augustin (1986), Al-Kahtani, (1991); Miyagawa (1991); Karabacak (1996); Tyagi and Vasishta (1996), Petukhov et al. (1999) ve Che Man and Tan (1999) 'nın araştırma sonuçları ile uyum göstermektedir.

5.2. Kimyasal Ölçüm Sonuçları

5.2.1. Serbest Asitlik

Yağlardaki serbest asitlik miktarı, hammaddenin depolanmasından yemeklik yağ eldesinde izlenen teknolojik işlemlerde gösterilen özene ve mamüldeki olası oksidatif bozulma tepkimelerine kadar değişen pek çok faktörün etkisinde değişebilen bir kalite faktörüdür (Ergin,1986; alınmıştır, Karabacak,1996).

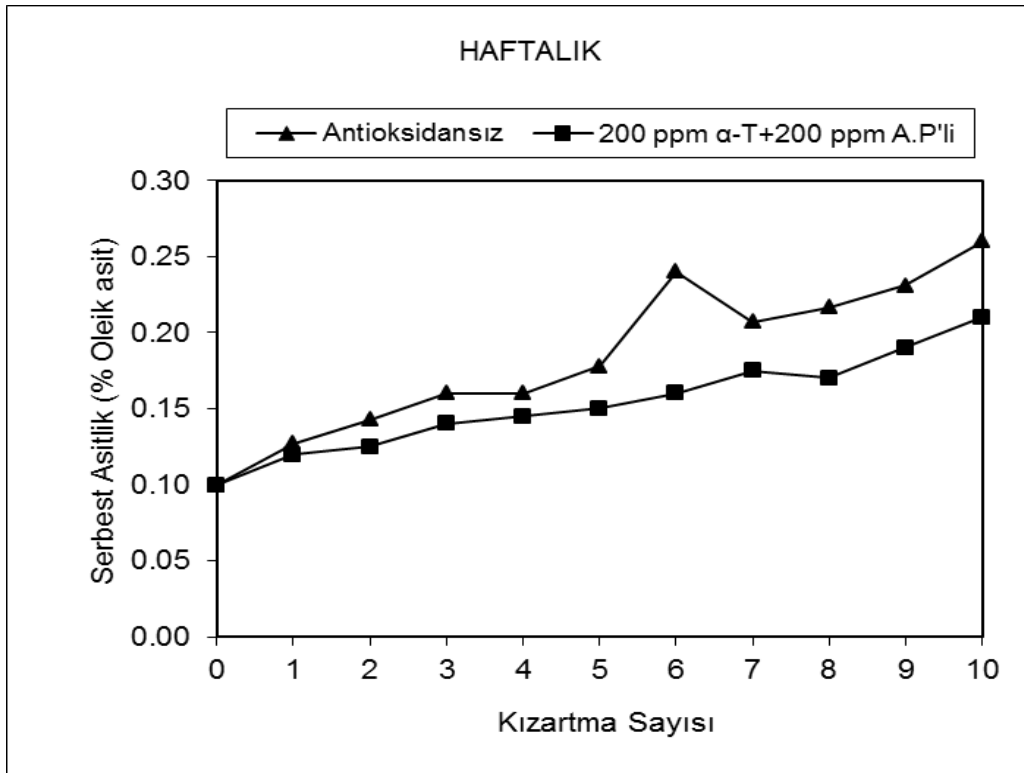
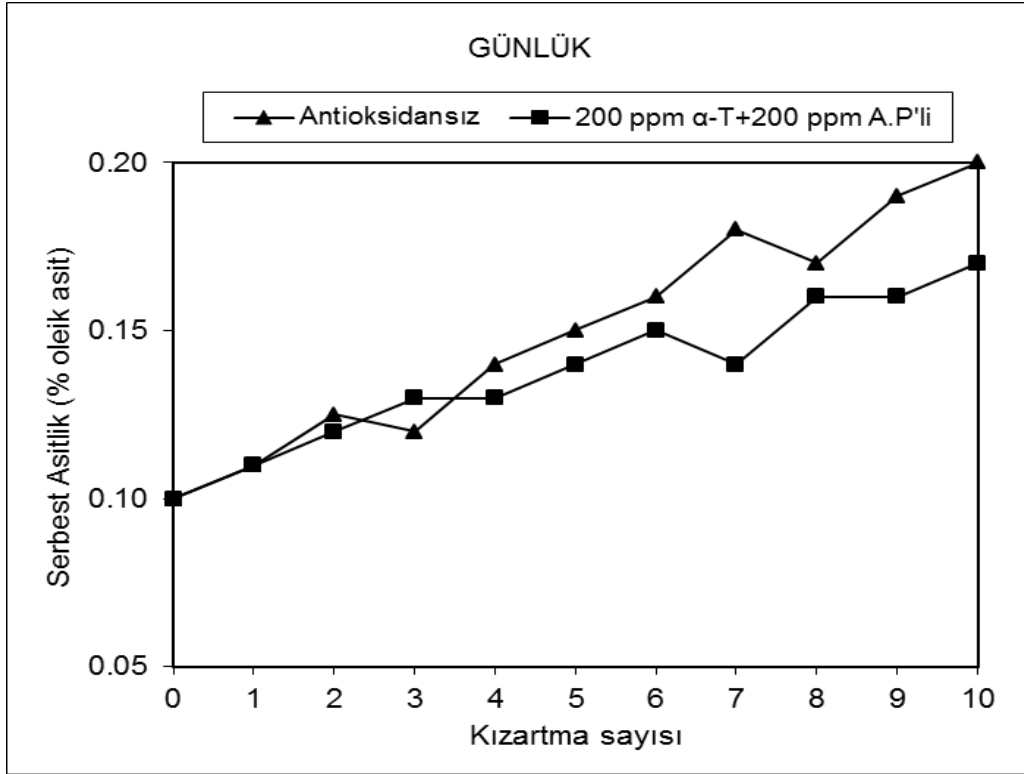
Serbest yağ asitleri, oksidasyon, hidroliz ve proliz ile trigliserit yapısının parçalanması sonucu oluşmaktadır (Melton et al., 1994; Xu et al., 1999)

Günlük ve haftalık aralıklarla gerçekleştirilen kızartmalarda serbest asitlik değerleri saptanmış ve sonuçlar Çizelge 5.2.1'de verilmiştir. Şekil 5.2.1'de günlük ve haftalık kızartmalarda meydana gelen değişim görülmektedir.

Yüksek sıcaklık derecelerinde ısıtılan yağlarda otooksidasyon sonucu zincir kırılmaları ve gliseritlerin su varlığında hidrolize uğramaları sonucu serbest asitlik

Çizelge 5.2.1. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait serbest yağ asidi değerleri % oleik asit)

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	0.10 $\pm$ 0.000	0.10 $\pm$ 0.000	0.10 $\pm$ 0.000	0.10 $\pm$ 0.000
1	0.11 $\pm$ 0.007	0.11 $\pm$ 0.000	0.13 $\pm$ 0.007	0.12 $\pm$ 0.000
2	0.13 $\pm$ 0.007	0.12 $\pm$ 0.007	0.14 $\pm$ 0.000	0.13 $\pm$ 0.007
3	0.12 $\pm$ 0.000	0.13 $\pm$ 0.000	0.16 $\pm$ 0.000	0.14 $\pm$ 0.000
4	0.14 $\pm$ 0.000	0.13 $\pm$ 0.007	0.16 $\pm$ 0.000	0.15 $\pm$ 0.007
5	0.15 $\pm$ 0.000	0.14 $\pm$ 0.000	0.18 $\pm$ 0.000	0.15 $\pm$ 0.000
6	0.16 $\pm$ 0.000	0.15 $\pm$ 0.000	0.24 $\pm$ 0.000	0.16 $\pm$ 0.014
7	0.18 $\pm$ 0.007	0.14 $\pm$ 0.007	0.21 $\pm$ 0.007	0.18 $\pm$ 0.007
8	0.17 $\pm$ 0.000	0.16 $\pm$ 0.000	0.22 $\pm$ 0.007	0.17 $\pm$ 0.000
9	0.19 $\pm$ 0.000	0.16 $\pm$ 0.000	0.23 $\pm$ 0.000	0.19 $\pm$ 0.000
10	0.20 $\pm$ 0.007	0.17 $\pm$ 0.014	0.27 $\pm$ 0.000	0.21 $\pm$ 0.000



Şekil 5.2.1. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan serbest yağ asidi değerleri (% oleik asit)

artmaktadır (Kayahan,1975; Stevenson et al.,1984). Fritsch (1981) tarafından yapılan çalışmada yağda bir gıda maddesinin kızartılması sırasında yağa su girmesi ile hidroliz olayının arttığı, dolayısıyla serbest yağ asidi miktarının yükseldiği saptanmıştır.

Çizelge 5.2.1. 'deki serbest asitlik bulgularına ait varyans analizi sonuçları; Çizelge 5.2.2. ve Çizelge 5.2.3.'de verilmiştir.

Yağ örneklerinin günlük ve haftalık kızartmalara ait serbest asitlik değerlerinde yağ, kızartma sayısı ve yağ × kızartma sayısı etkileşiminin $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.2.2. Günlük kızartmalara ilişkin serbest asitlik değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	0,000114	0,000114	3,267	0,034*
Kızartma sayısı	10	0,002761	0,002761	81,000	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	0,00009136	0,00009136	2,680	0,026*
Hata	22	0,00075	0,00003409	—	—

Çizelge 5.2.3. Haftalık kızartmalara ilişkin serbest asitlik değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	0,00990	0,00990	311,143	0,000*
Kızartma sayısı	10	0,06966	0,006966	218,943	0,000*
Yağ×Kızartma sayısı	10	0,00610	0,000610	19,171	0,000*
Hata	22	0,00070	0,00003182	—	—

Yağların günlük ve haftalık kızartılmalarında alınan sonuçları karşılaştırmak için uygulanan t-testine göre, antioksidansız yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$) ve asitlik artışı haftalık kızartmada daha fazla olmuştur. Antioksidanlı yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark da önemli bulunmuş ($p<0,05$) ve asitlik artışı haftalık kızartmada daha fazla olmuştur.

Farklılığın hangi yağlardan geldiğinin saptanması amacı ile yağ ortalamalarına t-testi uygulanmıştır. Buna göre antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük

kızartmalarında serbest asitlik değerlerinin ortalamaları arasındaki fark ile yağların haftalık kızartmaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Bu bilgiler ışığında günlük ve haftalık kızartmalarda antioksidansız yağdaki asitlik artışı, antioksidanlı yağdan daha fazla olmuştur.

FFA (serbest asitlik) içeriğinin yağın parçalanmasının ve kızartılan gıdanın kalitesinin belirlenmesinde bir ölçüt olduğu konusu tartışmalıdır. FFA'nın uçucu olduğu ve buhar destilasyonu ile kaybedildiği belirtilmektedir. Kızartma sırasında FFA, uçuculuğu fazla olan bileşiklere parçalandığı gibi uçucu olmayan bileşikler oluşturmak için de reaksiyona girmektedir (Melton et al. ,1994).

Serbest yağ asitleri miktarıyla dumanlanma noktası arasındaki ilişki incelendiğinde, serbest yağ asidi miktarının artmasıyla ters orantılı olarak dumanlanma noktasının düştüğü saptanmıştır (Maclenbacker,1960; Stauffer, 1996).

Çizelge 5.2.4. ve Çizelge 5.2.5 birlikte incelendiğinde, yağların günlük ve haftalık kızartmalarında dumanlanma noktası ile serbest asitlik arasında yüksek negatif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Günlük kızartmalarda korelasyon katsayısı $r = -0,869$ olurken, haftalık kızartmalar için korelasyon katsayısı $r = -0,952$ bulunmuştur. Bu sonuç Maclenbacker (1960) ve Stauffer (1996) tarafından yapılan araştırma sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Çizelge 5.2.4. Günlük kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası ile serbest asitlik arasındaki korelasyon katsayısı

	Serbest asitlik	Dumanlanma Noktası
Serbest asitlik	1	-0,869*
Dumanlanma Noktası	-0,869*	1

*, $p<0,01$ düzeyinde önemlidir

Çizelge 5.2.5. Haftalık kızartmalara ilişkin dumanlanma noktası ile serbest asitlik arasındaki korelasyon katsayısı

	Serbest asitlik	Dumanlanma Noktası
Serbest asitlik	1	-0,942*
Dumanlanma Noktası	-0,942*	1

*, $p<0,01$ düzeyinde önemlidir

Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, kızartma sayısına paralel olarak serbest asitlikte artış olduğunu bildiren pek çok araştırmacının sonuçları ile uyum göstermektedir (Fritsch, 1979; Özdemir, 1985; Paradis and Nawar, 1985; Metin,

1987; Miyagawa et al., 1991; Tyagi and Pramod;1994; Tyagi and Vasishtha, 1996; Karabacak, 1996; Petukhov et al., 1999; Che Man and Tan, 1999 ve Xu et al., 1999)

5.2.2. İyot Sayısı

Yağların yüksek sıcaklıklarda uzun süreli ısıtılmalarında konjuge olmayan dienoik asitlerin miktarının azalmasına bağlı olarak iyot sayısında azalma gözlenir. Yağlarda termik oksidasyonun gerçekleşmesi için öncelikle linoleik asitin konjuge yapıya geçmesi gerekir (Schultz, 1962; Kayahan, 1998).

Çizelge 5.2.6'da ve Şekil 5.2.2'de günlük ve haftalık kızartmalar sonucu yağların iyot sayısında meydana gelen değişimler görülmektedir. Antioksidansız ve antioksidanlı kızartma yağlarında günlük ve haftalık ölçümlerde iyot sayısı değerleri kızartma sayısı arttıkça azalma göstermektedir ve bu değişim $p<0,10$ düzeyinde önemlidir. Günlük kızartmalarda, antioksidansız ve antioksidanlı yağlardaki değişim sırasıyla 10.54 ve 6.79 I2 gr/100gr.yağ iken haftalık kızartmalarda 12.34 ile 8.39 I2 gr/100gr.yağ olmuştur. Buna göre her iki kızartma aralığında antioksidansız yağdaki iyot sayısı düşüşü, antioksidanlı yağdan daha fazla olmuştur.

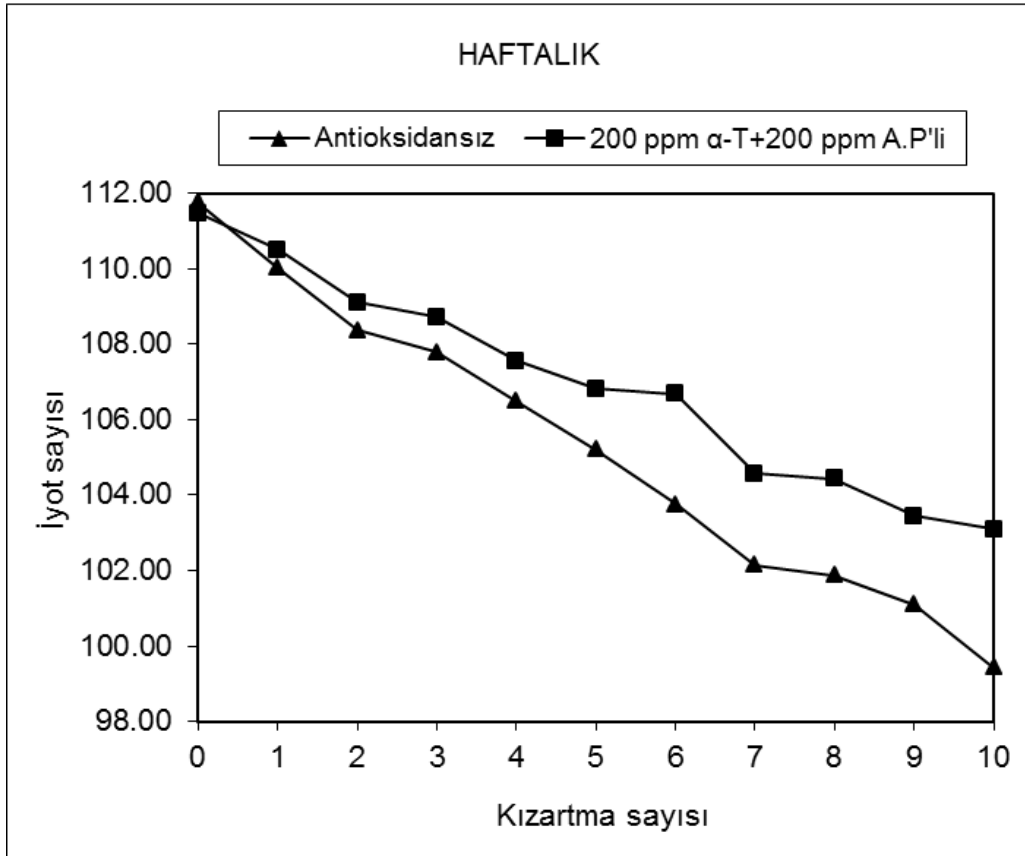
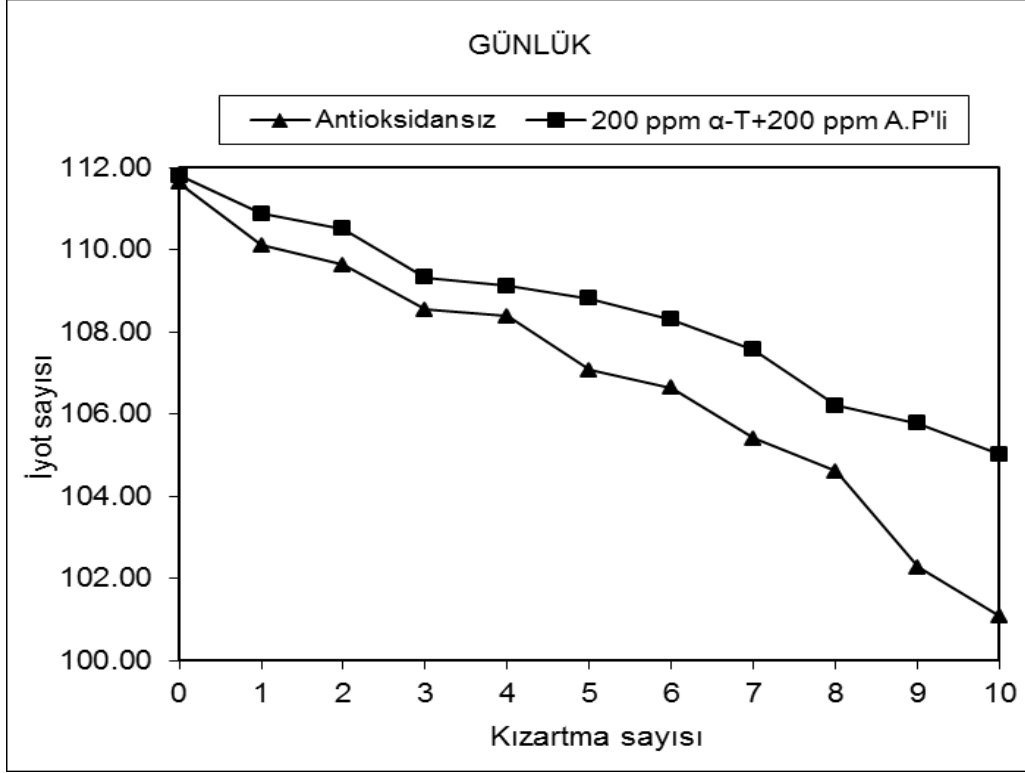
Çizelge 5.2.7. ve Çizelge 5.2.8. 'e göre yağlar, kızartma sayısı ve yağ $\times$ kızartma sayısı etkileşimi hem günlük hem de haftalık kızartmalardaki iyot sayısındaki değişim üzerine etkilidir ($p<0,10$).

Günlük ve haftalık kızartmalar arasında uygulanan t-testine göre antioksidansız yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,10$). Aynı sonuca antioksidanlı yağın her iki deneme sürecindeki kızartmaları içinde ulaşılmıştır ($p>0,10$).

Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesi amacıyla yapılan t-testine göre günlük kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arası fark önemli bulunmuştur ($p<0,10$). Aynı sonuca yağların haftalık kızartmaları arasındaki fark için de ulaşılmıştır ($p<0,10$). Bu sonuç, günlük ve haftalık kızartmalarda antioksidanlı yağın iyot sayısındaki düşüşün, antioksidansız yağdan daha az olduğunu ve antioksidan eklemenin etkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.2.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait iyot sayısı değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	111.63 $\pm$ 0.071	111.81 $\pm$ 0.191	111.77 $\pm$ 0.134	111.48 $\pm$ 0.651
1	110.11 $\pm$ 0.057	110.88 $\pm$ 0.177	110.02 $\pm$ 0.071	110.51 $\pm$ 0.156
2	109.64 $\pm$ 0.120	110.51 $\pm$ 0.120	108.38 $\pm$ 0.141	109.11 $\pm$ 0.071
3	108.55 $\pm$ 0.120	109.33 $\pm$ 0.120	107.80 $\pm$ 0.573	108.72 $\pm$ 0.134
4	108.58 $\pm$ 0.106	109.12 $\pm$ 0.163	106.50 $\pm$ 0.276	107.55 $\pm$ 0.368
5	107.08 $\pm$ 0.045	108.81 $\pm$ 0.120	105.22 $\pm$ 0.064	106.82 $\pm$ 0.035
6	106.64 $\pm$ 0.184	108.30 $\pm$ 0.148	103.75 $\pm$ 0.127	106.69 $\pm$ 0.247
7	105.41 $\pm$ 0.573	107.56 $\pm$ 0.057	102.16 $\pm$ 0.219	104.58 $\pm$ 0.460
8	104.60 $\pm$ 0.184	106.21 $\pm$ 0.057	101.87 $\pm$ 0.156	104.44 $\pm$ 0.509
9	102.27 $\pm$ 0.184	105.78 $\pm$ 0.049	101.11 $\pm$ 0.134	103.45 $\pm$ 0.219
10	101.09 $\pm$ 0.127	105.02 $\pm$ 0.064	99.43 $\pm$ 0.191	103.09 $\pm$ 0.212



Şekil 5.2.2. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan iyot sayısı değerleri

Çizelge 5.2.7. Günlük kızartmalara ilişkin iyot sayısı değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	30,645	30,645	1045,401	0,000**
Kızartma sayısı	10	294,981	29,498	1006,292	0,000**
Yağ×Kızartma sayısı	10	16,010	1,601	54,616	0,000**
Hata	22	0,645	0,2931	—	—

** p<0,10

Çizelge 5.2.8. Haftalık kızartmalara ilişkin iyot sayısı değerlerinin varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F	P
Yağlar	1	29,684	29,684	361,480	0,000**
Kızartma sayısı	10	463,049	46,305	563,882	0,000**
Yağ×Kızartma sayısı	10	13,424	1,342	16,347	0,000**
Hata	22	1,807	0,08212	—	—

** p<0,10

Schultz (1962), Ergin (1999) ve Kayahan (1998) tarafından belirtildiği gibi ancak yüksek sıcaklıklarda uzun süreli ısıtmalarda iyot sayısında azalma gerçekleşmektedir.

Doymamış yağ asitleri, doymuş yağ asitlerine göre termal oksidasyona daha duyarlıdır. Bu da polar bileşik miktarının yüksek olmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte daha önce yapılan çalışmalar, polar bileşiklerle doymamışlık arasında yüksek korelasyon olduğu konusunda hemfikir değildir (Warner and Mounts, 1993).

Xu et al. (1999) yaptıkları bir çalışmada, kızartma süresi arttıkça iyot sayısının düştüğünü ve bu düşüşün kızartma süresiyle yüksek korelasyon gösterdiğini saptamışlardır.

Çalışma sonuçlarımız, yağ oksitlendikçe çift bağ sayısının azalmasına paralel olarak iyot sayısının düştüğünü saptayan pek çok araştırmacının bugularıyla uyum göstermektedir (Fritsch, 1979; Kayahan, 1983; Miyagawa et al., 1991; Başoğlu, 1992; Warner and Mounts, 1993; Tyagi and Vasishta, 1996; Che Man and Tan, 1999).

5.2.3. Yağ Asidi Kompozisyonunda Meydana Gelen Değişimler

Kızartmalarda kullanılan kanola yağında belirlediğimiz genel yağ asidi bileşimi Çizelge 5.2.19.'da verilmiştir.

Çizelge 5.2.19. Kanola yağının genel yağ asidi kompozisyonu (%)

Yağ asidi	% miktar
C _{16:0}	4.9 ± 0.00
C _{18:0}	2.1 ± 0.14
C _{18:1}	62.5 ± 0.07
C _{18:2}	19.9 ± 0.00
C _{18:3}	7.5 ± 0.07
Diğer	3.2 ± 0.00
Doymuş yağ asidi	7.5 ± 0.07
Doymamış yağ asidi	92.5 ± 0.07
C _{18:2/16:0}	4.04 ± 0.00

Çizelge 5.2.10. 'da ve Şekil 5.2.3. 'de günlük ve haftalık kızartmalarda % palmitik asit miktarında meydana gelen değişim görülmektedir.

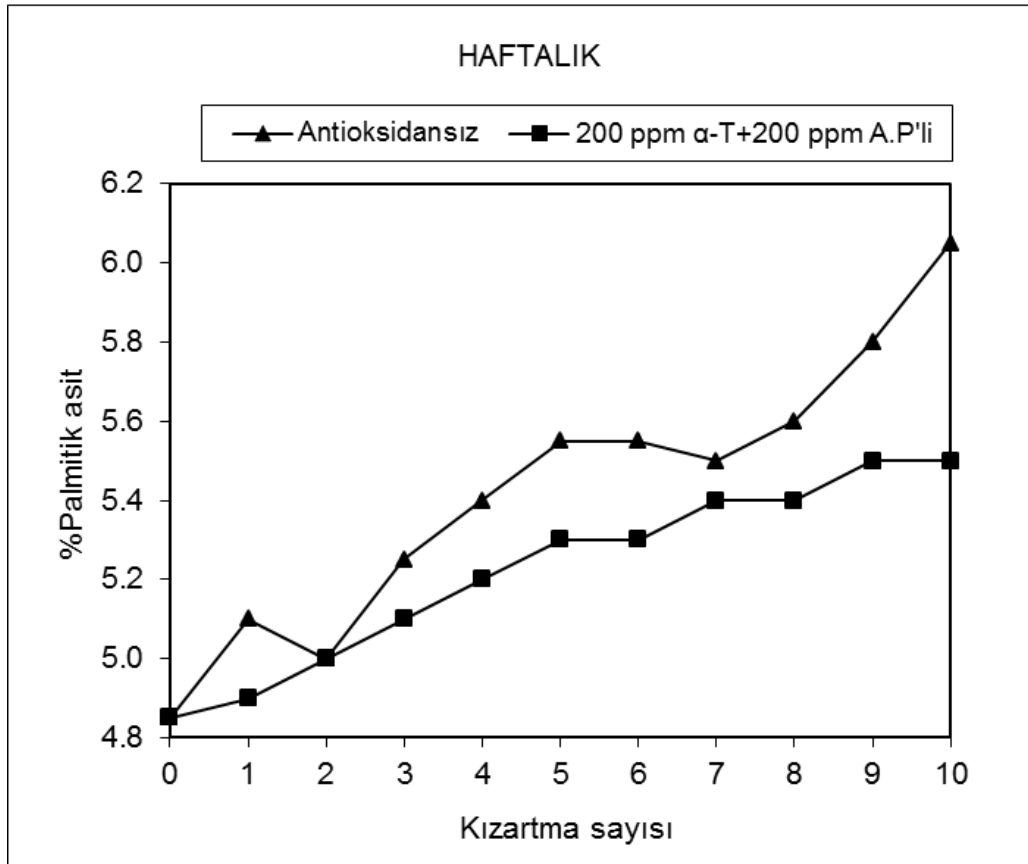
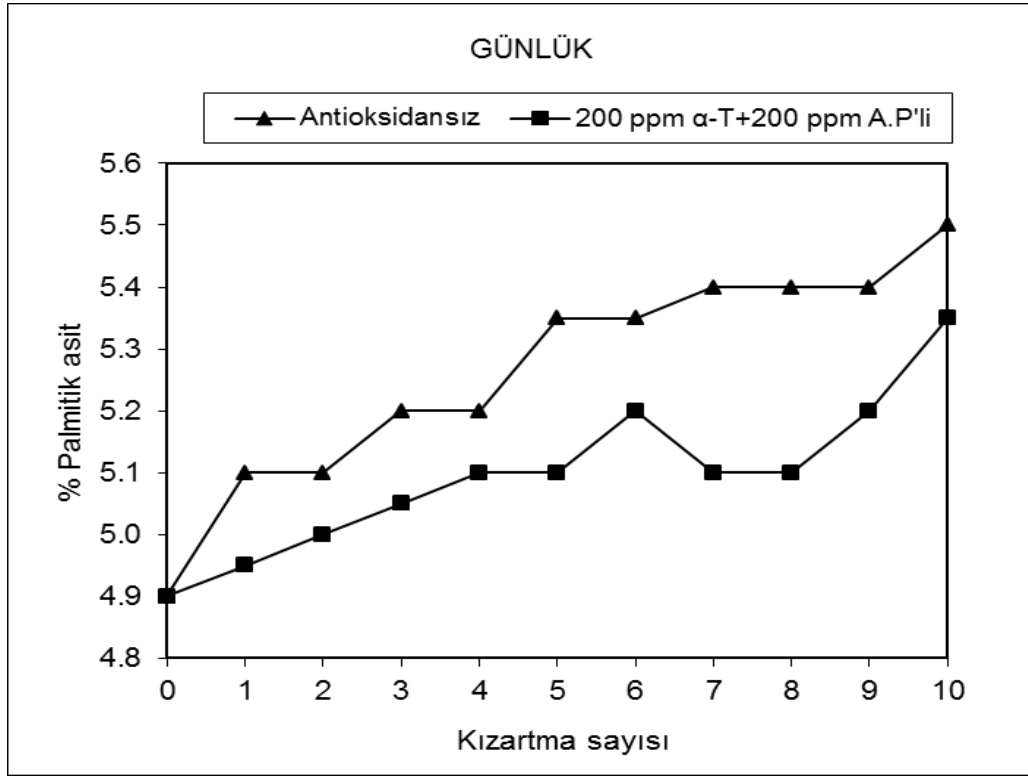
Günlük ve haftalık kızartmalar sırasında palmitik asit miktarı kızartma sayısına paralel olarak artmaktadır ve meydana gelen bu değişim önemlidir ($P<0,10$). Antioksidansız yağda % 4.9 olan palmitik asit miktarı günlük kızartmalarda 10. gün sonunda % 5.5 'e yükselirken, antioksidanlı yağda % 4.9 'dan % 5.4 'e yükselmiştir. Haftalık kızartmalarda ise her iki yağ için % 4.9 olan palmitik asit miktarı antioksidansız yağda % 6.1'e yükselirken, antioksidanlı yağda % 5.5'e yükselmiştir.

Antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemlidir ($p<0,10$).

Ortalamalar arası farkın kontrolü için yapılan t-testine göre palmitik asit miktarı bakımından antioksidanlı ve antioksidansız yağların günlük kızartmaları arasındaki fark önemlidir ($p<0,10$). Aynı sonuca her iki yağın haftalık kızartmaları arasındaki fark için de ulaşılmıştır ($p<0,01$). Bu iki sonuç günlük ve haftalık kızartmalarda

Çizelge 5.2.10. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % palmitik asit değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	4.9 $\pm$ 0.00	4.9 $\pm$ 0.07	4.9 $\pm$ 0.07	4.9 $\pm$ 0.07
1	5.1 $\pm$ 0.00	5.0 $\pm$ 0.07	5.1 $\pm$ 0.00	4.9 $\pm$ 0.00
2	5.1 $\pm$ 0.00	5.0 $\pm$ 0.00	5.0 $\pm$ 0.00	5.0 $\pm$ 0.00
3	5.2 $\pm$ 0.00	5.1 $\pm$ 0.07	5.3 $\pm$ 0.07	5.1 $\pm$ 0.00
4	5.2 $\pm$ 0.14	5.1 $\pm$ 0.00	5.4 $\pm$ 0.00	5.2 $\pm$ 0.00
5	5.4 $\pm$ 0.07	5.1 $\pm$ 0.00	5.6 $\pm$ 0.07	5.3 $\pm$ 0.00
6	5.4 $\pm$ 0.07	5.2 $\pm$ 0.14	5.6 $\pm$ 0.07	5.3 $\pm$ 0.00
7	5.4 $\pm$ 0.00	5.1 $\pm$ 0.14	5.5 $\pm$ 0.00	5.4 $\pm$ 0.00
8	5.4 $\pm$ 0.00	5.1 $\pm$ 0.00	5.6 $\pm$ 0.00	5.4 $\pm$ 0.00
9	5.4 $\pm$ 0.00	5.2 $\pm$ 0.00	5.8 $\pm$ 0.00	5.5 $\pm$ 0.00
10	5.5 $\pm$ 0.00	5.4 $\pm$ 0.07	6.1 $\pm$ 0.07	5.5 $\pm$ 0.00



Şekil 5.2.3. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan palmitik asit değerleri (%)

palmitik asit miktarındaki artışın antioksidansız yağda daha fazla olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.2.11. 'de ve Şekil 5.2.4. 'de günlük ve haftalık kızartmalarda % stearik asit miktarında meydana gelen değişim görülmektedir.

Günlük ve haftalık kızartmalarda stearik asit miktarı kızartma sayısına paralel olarak artmıştır ($p<0,10$). Başlangıçta % 2.0 olan stearik asit miktarı günlük kızartmalarda antioksidansız yağda % 3.7 'ye yükselirken, antioksidanlı yağda % 3.2 'ye yükselmiştir. Haftalık kızartmalarda ise antioksidansız yağda % 4.1'e yükselirken, antioksidanlı yağda 3.6 'ya yükselmektedir.

Antioksidansız ve antioksidanlı yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0,10$).

Stearik asit miktarına ilişkin ortalamalar arası farkın kontrolü için yapılan t-testine göre, hem günlük hemde haftalık kızartmalarda antioksidanlı ve antioksidansız yağlar arasındaki fark önemlidir ($p<0,10$) Bu sonuç günlük ve haftalık kızartmalarda stearik asit artışının antioksidansız yağda daha fazla olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.2.12. 'de Şekil 5.2.5. 'de günlük ve haftalık kızartmalarda % oleik asit miktarında meydana gelen değişim görülmektedir.

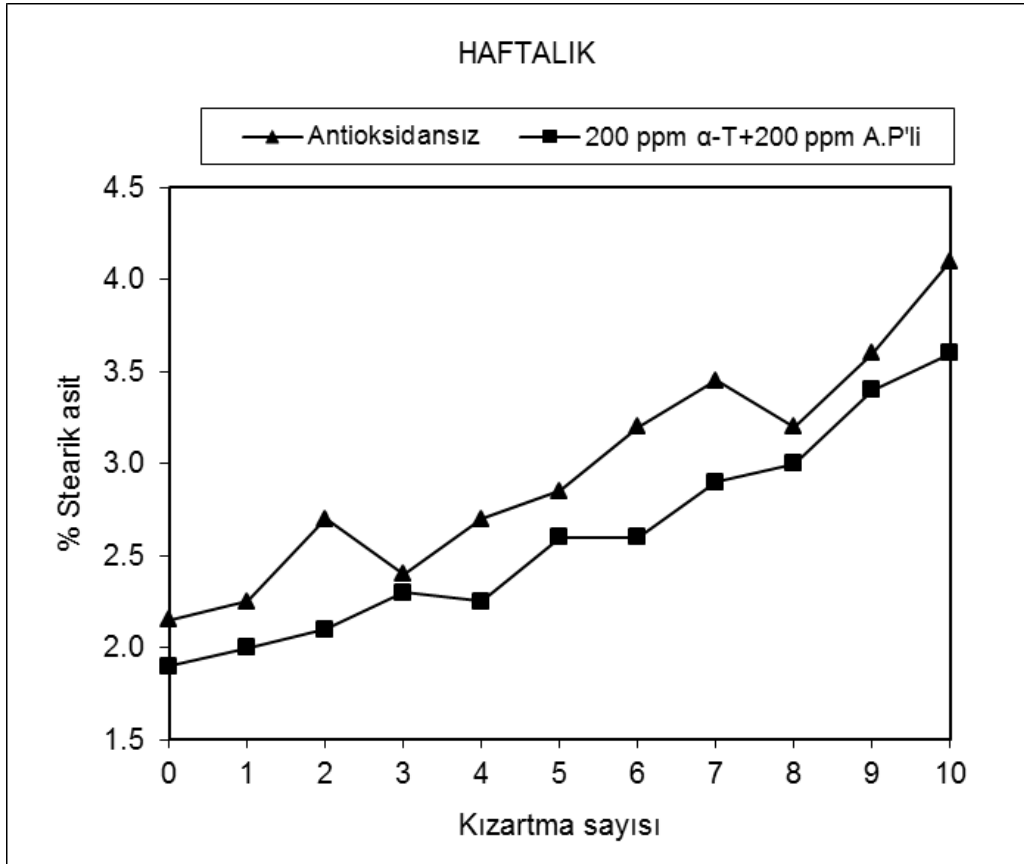
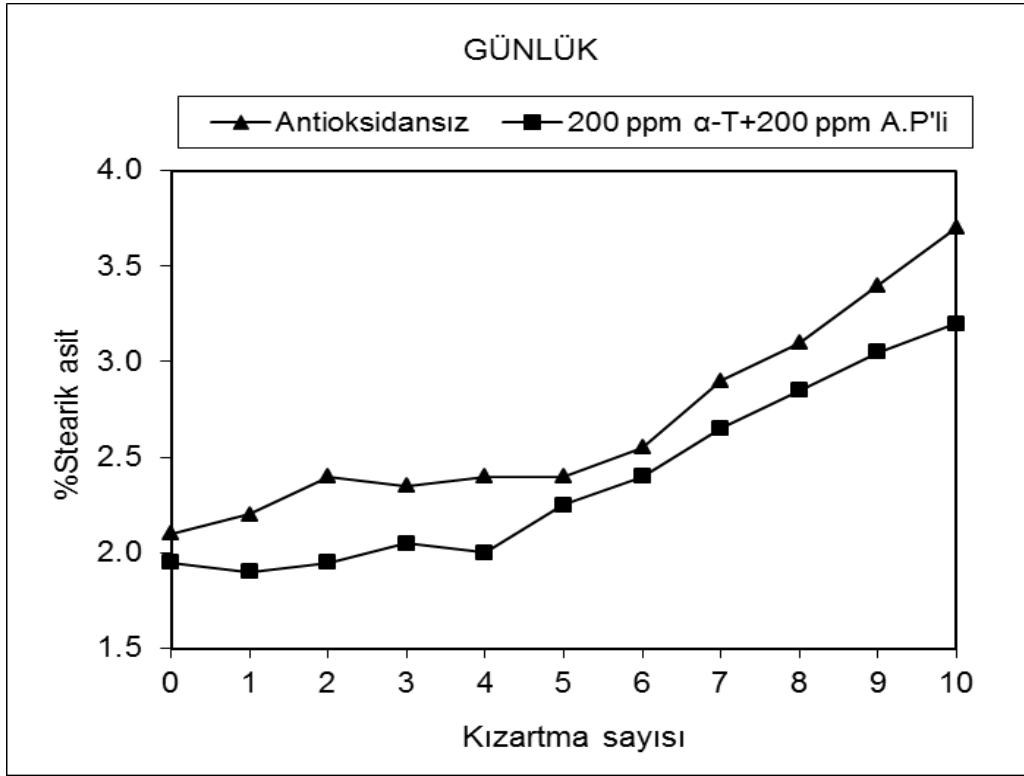
Günlük ve haftalık kızartmalarda oleik asit miktarı kızartma sayısı arttıkça azalmıştır ($p<0,10$). Günlük kızartmalarda başlangıçta % 62.5 olan oleik asit miktarı 10.gün sonunda antioksidansız yağda % 61.9 'a, antioksidanlı yağda % 62.2 'ye düşmüştür. Haftalık kızartmalarda ise antioksidansız yağda % 61.7 'ye ve antioksidanlı yağda % 62.0 'ye düşmüştür.

Antioksidansız ve antioksidanlı yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0,10$).

Oleik asit miktarına ilişkin ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesi için yapılan t-testine göre, hem günlük hem de haftalık kızartmalarda antioksidanlı ve antioksidansız yağlar arasındaki fark önemlidir ($p<0,10$). Bu sonuç günlük ve haftalık kızartmalarda oleik asit miktarındaki düşüşün antioksidansız yağda daha fazla olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.2.11. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % stearik asit değerleri

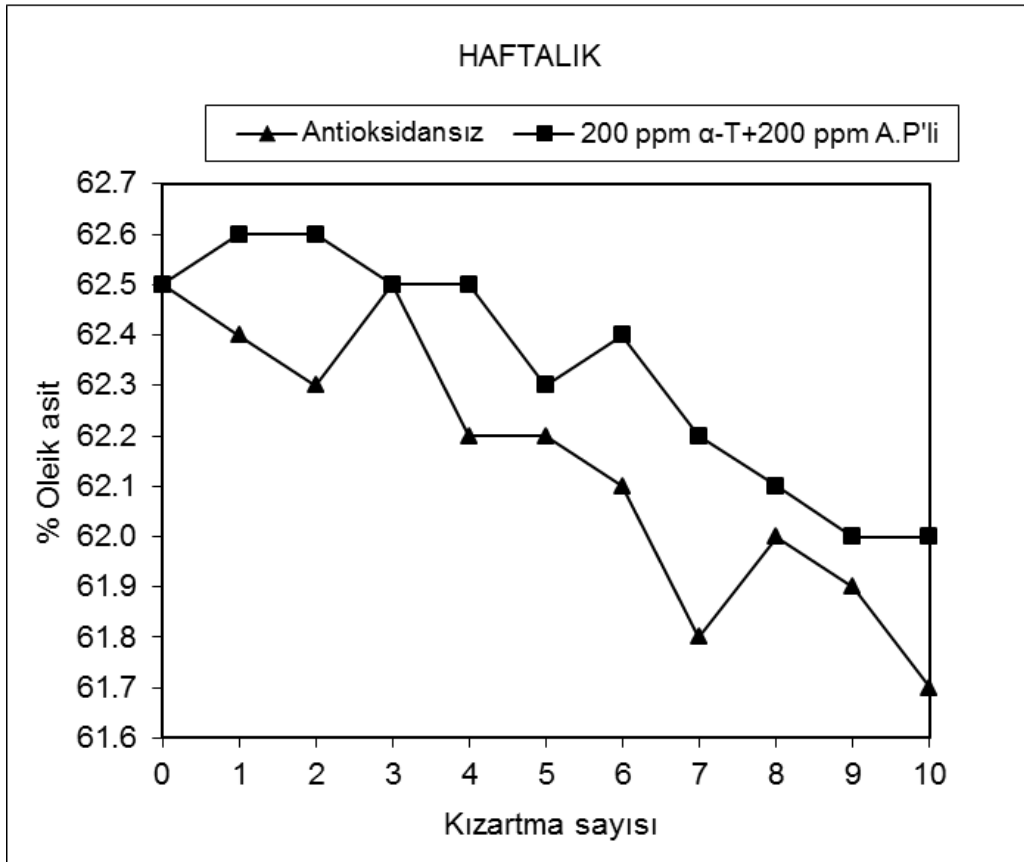
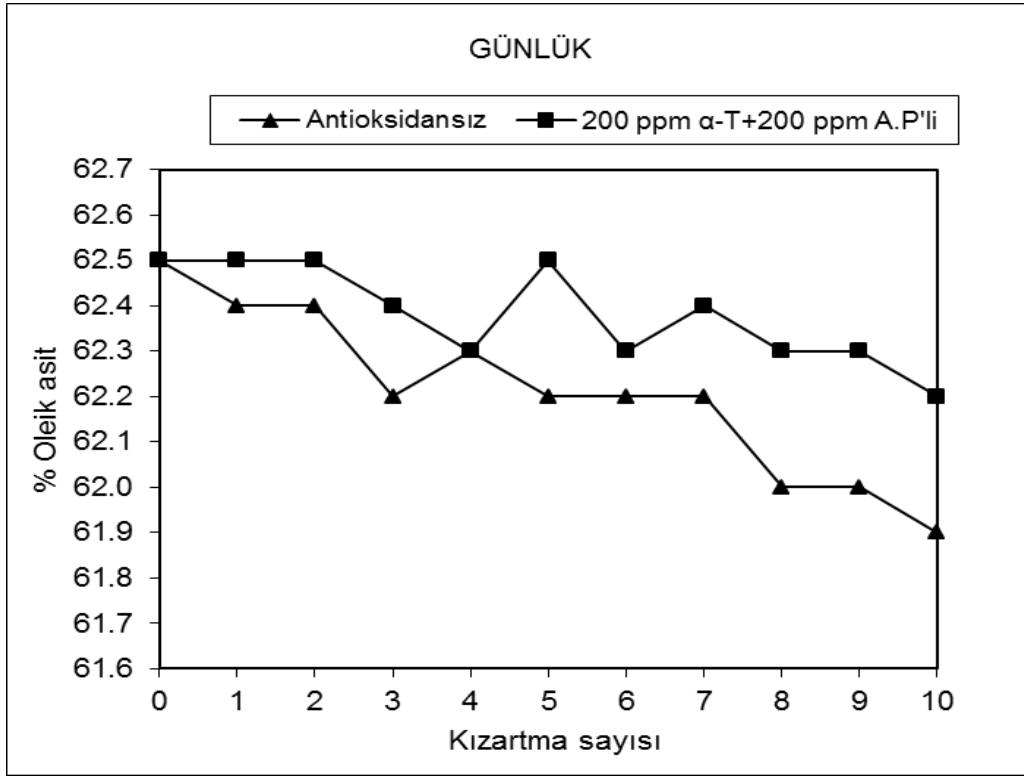
Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	2.1 $\pm$ 0.14	2.0 $\pm$ 0.07	2.2 $\pm$ 0.07	1.9 $\pm$ 0.14
1	2.2 $\pm$ 0.00	1.9 $\pm$ 0.00	2.3 $\pm$ 0.07	2.0 $\pm$ 0.00
2	2.4 $\pm$ 0.14	2.0 $\pm$ 0.07	2.7 $\pm$ 0.00	2.1 $\pm$ 0.00
3	2.4 $\pm$ 0.07	2.1 $\pm$ 0.07	2.4 $\pm$ 0.00	2.3 $\pm$ 0.00
4	2.4 $\pm$ 0.00	2.0 $\pm$ 0.00	2.7 $\pm$ 0.00	2.3 $\pm$ 0.07
5	2.4 $\pm$ 0.14	2.3 $\pm$ 0.07	2.9 $\pm$ 0.07	2.6 $\pm$ 0.00
6	2.5 $\pm$ 0.07	2.4 $\pm$ 0.14	3.2 $\pm$ 0.00	2.6 $\pm$ 0.00
7	2.9 $\pm$ 0.00	2.7 $\pm$ 0.07	3.5 $\pm$ 0.07	2.9 $\pm$ 0.00
8	3.1 $\pm$ 0.00	2.9 $\pm$ 0.07	3.2 $\pm$ 0.00	3.0 $\pm$ 0.00
9	3.4 $\pm$ 0.00	3.1 $\pm$ 0.07	3.6 $\pm$ 0.00	3.4 $\pm$ 0.00
10	3.7 $\pm$ 0.00	3.2 $\pm$ 0.00	4.1 $\pm$ 0.00	3.6 $\pm$ 0.00



Şekil 5.2.4. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan stearik asit değerleri (%)

Çizelge 5.2.12. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % oleik asit değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK			HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	
0	62.5 $\pm$ 0.07	62.5 $\pm$ 0.00	62.5 $\pm$ 0.07	62.5 $\pm$ 0.00	
1	62.4 $\pm$ 0.07	62.5 $\pm$ 0.00	62.4 $\pm$ 0.00	62.6 $\pm$ 0.00	
2	62.4 $\pm$ 0.07	62.5 $\pm$ 0.07	62.3 $\pm$ 0.07	62.6 $\pm$ 0.07	
3	62.2 $\pm$ 0.14	62.4 $\pm$ 0.14	62.5 $\pm$ 0.00	62.5 $\pm$ 0.00	
4	62.3 $\pm$ 0.00	62.3 $\pm$ 0.07	62.2 $\pm$ 0.00	62.5 $\pm$ 0.00	
5	62.2 $\pm$ 0.00	62.5 $\pm$ 0.07	62.2 $\pm$ 0.00	62.3 $\pm$ 0.00	
6	62.2 $\pm$ 0.00	62.3 $\pm$ 0.07	62.1 $\pm$ 0.00	62.4 $\pm$ 0.00	
7	62.2 $\pm$ 0.00	62.4 $\pm$ 0.00	61.8 $\pm$ 0.00	62.2 $\pm$ 0.00	
8	62.0 $\pm$ 0.00	62.3 $\pm$ 0.00	62.0 $\pm$ 0.00	62.1 $\pm$ 0.07	
9	62.0 $\pm$ 0.00	62.3 $\pm$ 0.07	61.9 $\pm$ 0.00	62.0 $\pm$ 0.00	
10	61.9 $\pm$ 0.00	62.2 $\pm$ 0.07	61.7 $\pm$ 0.00	62.0 $\pm$ 0.00	



Şekil 5.2.5. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan oleik asit değerleri (%)

Çizelge 5.2.13. 'de ve Şekil 5.2.6. 'da günlük ve haftalık kızartmalarda % linoleik asit miktarında meydana gelen değişim görülmektedir.

Günlük ve haftalık kızartmalarda linoleik asit miktarı tüm yağlarda kızartma sayısı arttıkça azalma eğilimi göstermektedir ($p<0,10$). Başlangıçta tüm yağlar için % 19.9 olan linoleik asit miktarı günlük kızartmalarda, antioksidansız ve antioksidanlı yağ için sırasıyla % 19.2 'ye ve % 19.4 'e düşerken, haftalık kızartmalarda sırasıyla % 18.9 'a ve % 19.1 'e düşmektedir.

Antioksidansız yağın günlük ve haftalık kızartmalarında linoleik asit ortalamaları arasındaki fark önemsiz iken ($p>0,10$), antioksidanlı yağda bu fark önemlidir ($p<0,10$). Antioksidanlı yağda günlük kızartmadaki düşüş, haftalık kızartmadan daha az olmuştur ($p<0,10$).

Günlük kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı kızartmalarda linoleik asit ortalamaları arasındaki fark önemli iken ($p<0,10$), haftalık kızartmalarda bu fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,10$). Buna göre günlük kızartmada linoleik asit miktarındaki düşüş antioksidanlı yağda daha az olmuştur.

Çizelge 5.2.14. 'de ve Şekil 5.2.7. 'de günlük ve haftalık kızartmalarda % linolenik asit miktarında meydana gelen değişim görülmektedir.

Günlük ve haftalık kızartmalar sırasında başlangıçtan kızartmanın 10. gününe ve 10. haftasına kadar linolenik asit miktarında meydana gelen değişim önemlidir ($p<0,10$). Buna göre tüm kızartmalarda başlangıçta % 7.5 olan linolenik asit miktarı kızartma sayısına paralel olarak düşmüştür. Günlük kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağda 10.gün sonunda sırasıyla % 6.4 ve % 6.6 'ya düşerken, 10. hafta sonunda sırasıyla % 6.0 ve % 6.5 'e düşmüştür.

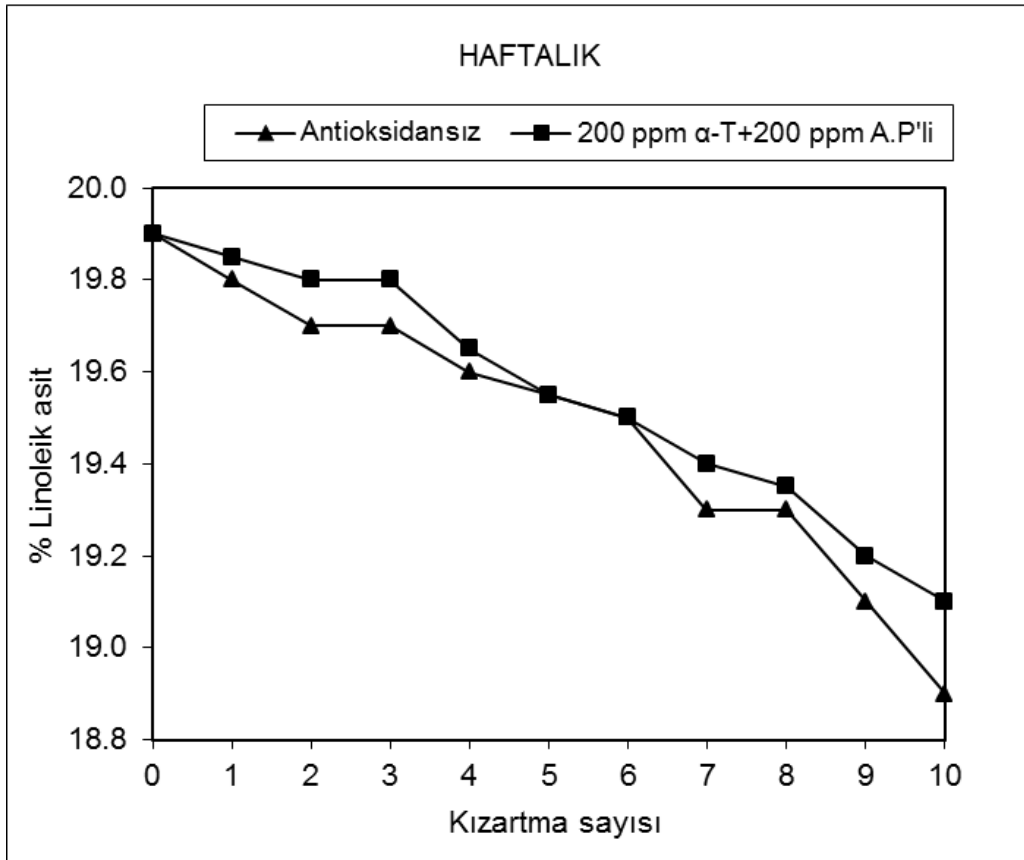
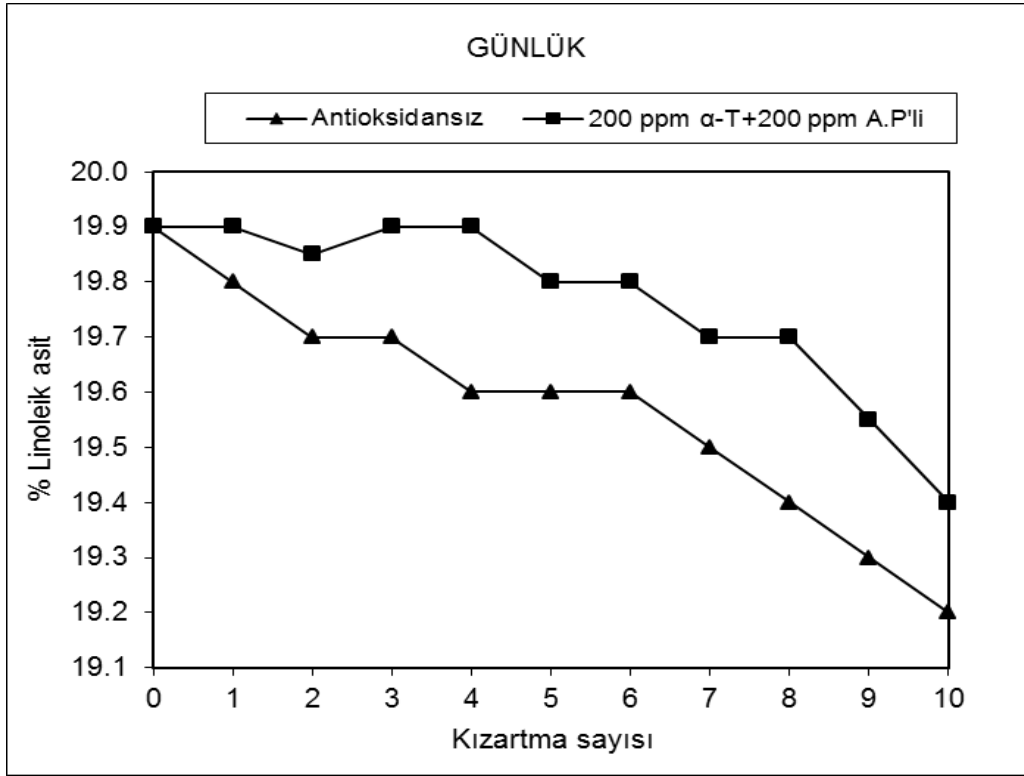
Antioksidansız ve antioksidanlı yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0,10$).

Ortalamalar arası farkın kontrolü için yapılan t-testine göre, linolenik asit miktarı bakımından hem günlük hem de haftalık kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,10$).

Çizelge 5.2.15. 'de Şekil 5.2.8. 'de günlük ve haftalık kızartmalarda % toplam doymuş yağ asiti miktarında meydana gelen değişim görülmektedir.

Çizelge 5.2.13. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % linoleik asit değerleri

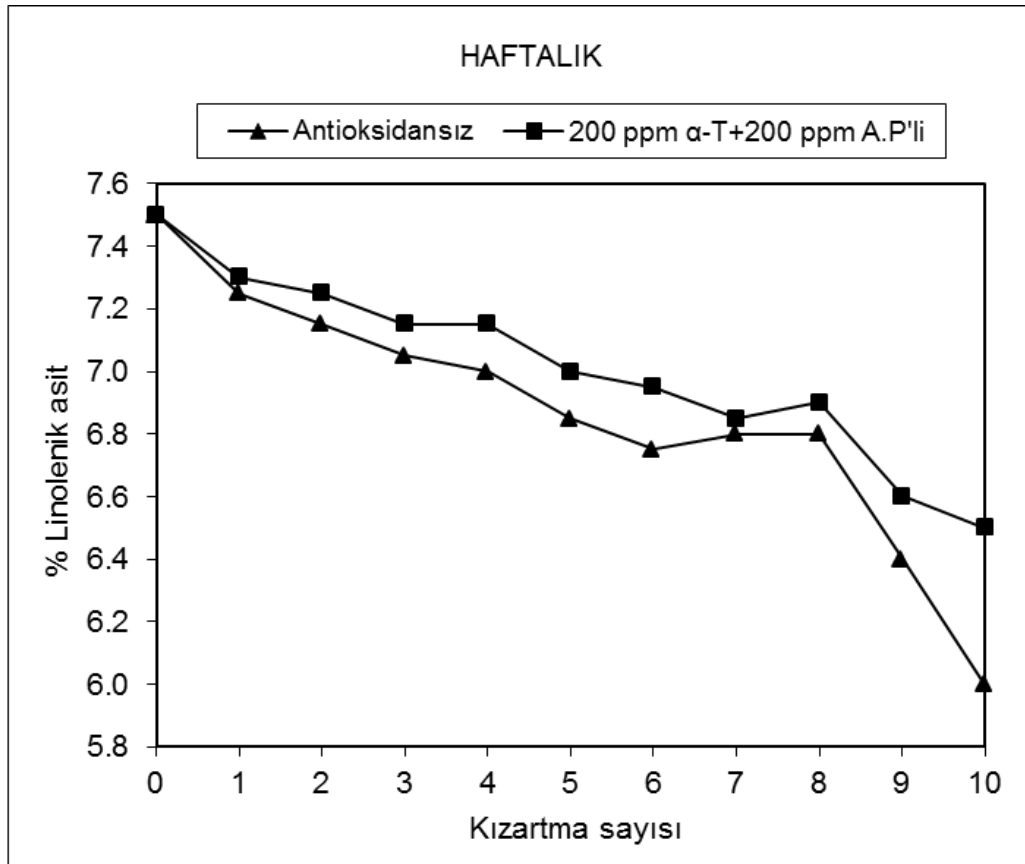
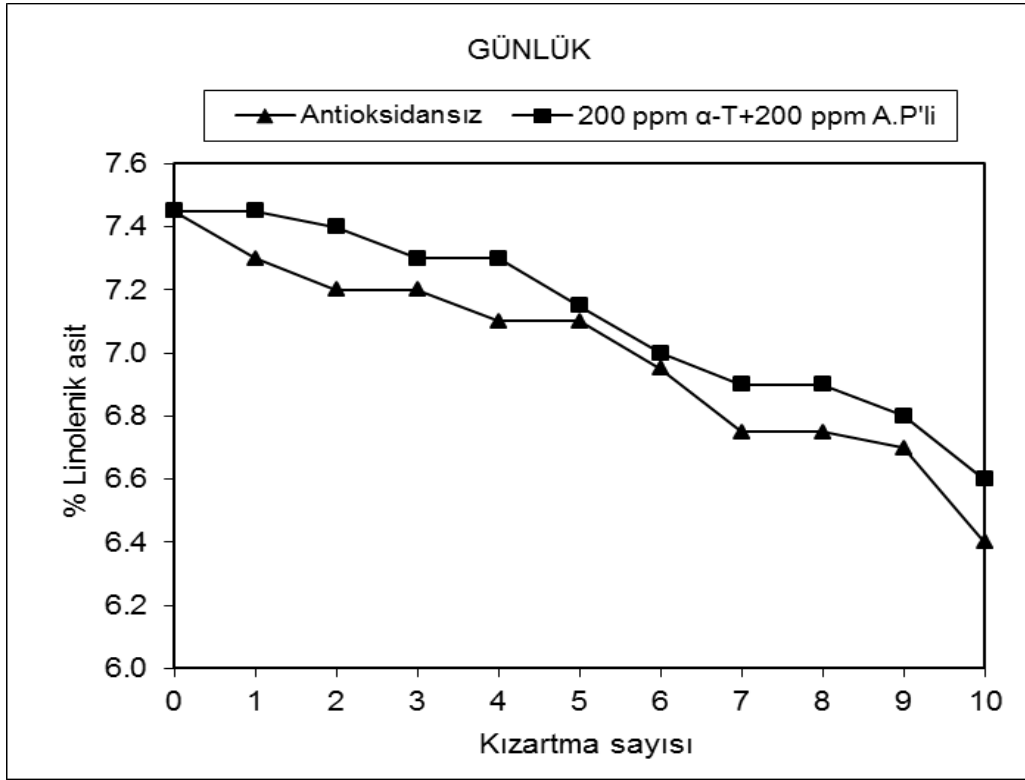
Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	19.9 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.00
1	19.8 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.00	19.8 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.07
2	19.7 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.07	19.7 $\pm$ 0.00	19.8 $\pm$ 0.00
3	19.7 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.00	19.7 $\pm$ 0.00	19.8 $\pm$ 0.00
4	19.7 $\pm$ 0.00	19.9 $\pm$ 0.00	19.6 $\pm$ 0.00	19.7 $\pm$ 0.07
5	19.6 $\pm$ 0.00	19.8 $\pm$ 0.00	19.6 $\pm$ 0.07	19.6 $\pm$ 0.07
6	19.6 $\pm$ 0.00	19.8 $\pm$ 0.00	19.5 $\pm$ 0.00	19.5 $\pm$ 0.00
7	19.5 $\pm$ 0.00	19.7 $\pm$ 0.00	19.3 $\pm$ 0.00	19.4 $\pm$ 0.00
8	19.4 $\pm$ 0.00	19.7 $\pm$ 0.00	19.3 $\pm$ 0.00	19.4 $\pm$ 0.07
9	19.3 $\pm$ 0.00	19.6 $\pm$ 0.07	19.1 $\pm$ 0.00	19.2 $\pm$ 0.00
10	19.2 $\pm$ 0.00	19.4 $\pm$ 0.00	18.9 $\pm$ 0.00	19.1 $\pm$ 0.00



Şekil 5.2.6. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan linoleik asit değerleri (%)

Çizelge 5.2.14. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % linolenik asit değerleri

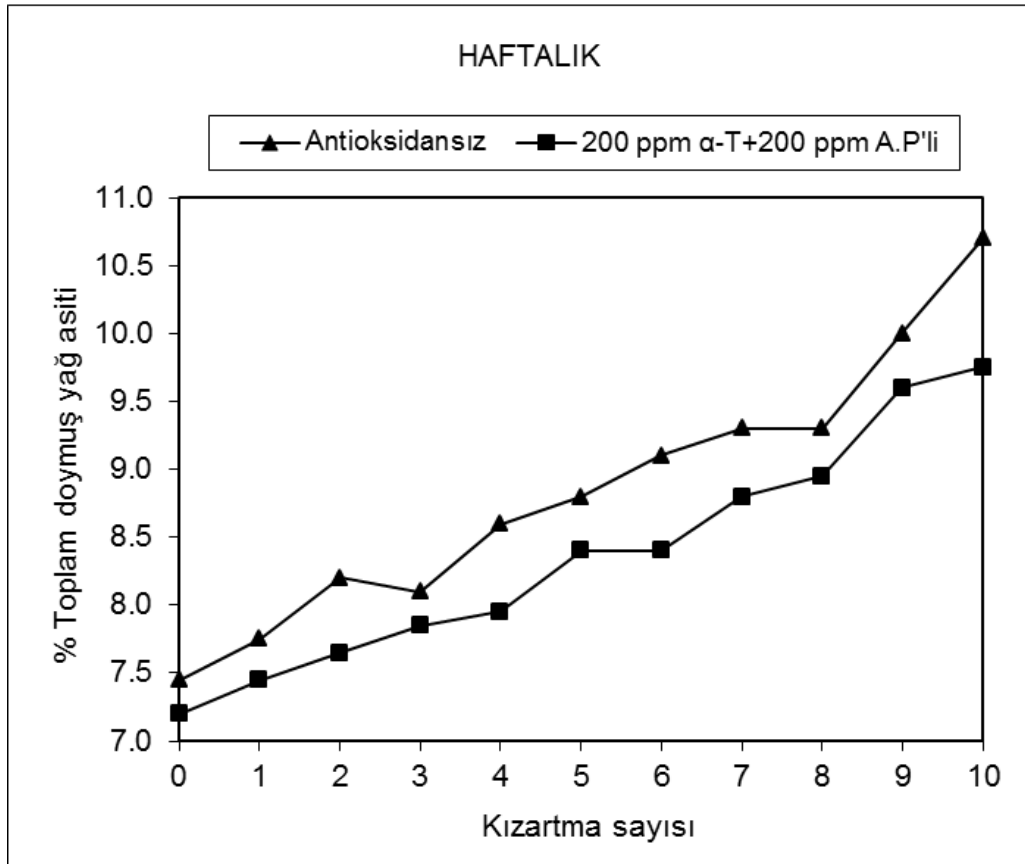
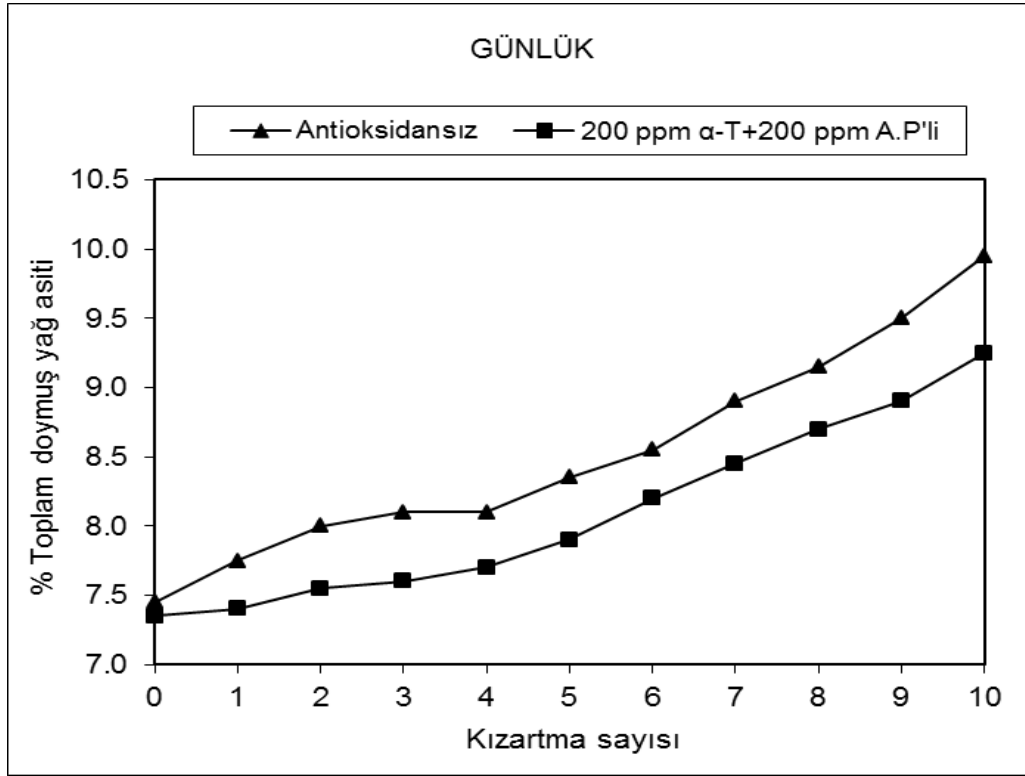
Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	7.5 $\pm$ 0.07	7.5 $\pm$ 0.07	7.5 $\pm$ 0.07	7.5 $\pm$ 0.00
1	7.3 $\pm$ 0.00	7.5 $\pm$ 0.07	7.3 $\pm$ 0.07	7.3 $\pm$ 0.00
2	7.2 $\pm$ 0.00	7.4 $\pm$ 0.00	7.2 $\pm$ 0.07	7.3 $\pm$ 0.00
3	7.2 $\pm$ 0.00	7.3 $\pm$ 0.00	7.1 $\pm$ 0.07	7.2 $\pm$ 0.07
4	7.1 $\pm$ 0.00	7.3 $\pm$ 0.00	7.0 $\pm$ 0.00	7.2 $\pm$ 0.07
5	7.1 $\pm$ 0.00	7.2 $\pm$ 0.07	6.9 $\pm$ 0.07	7.0 $\pm$ 0.00
6	7.0 $\pm$ 0.07	7.0 $\pm$ 0.00	6.8 $\pm$ 0.07	7.0 $\pm$ 0.07
7	6.8 $\pm$ 0.07	6.9 $\pm$ 0.00	6.8 $\pm$ 0.00	6.9 $\pm$ 0.07
8	6.8 $\pm$ 0.07	6.9 $\pm$ 0.00	6.8 $\pm$ 0.00	6.9 $\pm$ 0.00
9	6.7 $\pm$ 0.00	6.8 $\pm$ 0.07	6.4 $\pm$ 0.00	6.6 $\pm$ 0.00
10	6.4 $\pm$ 0.00	6.6 $\pm$ 0.00	6.0 $\pm$ 0.00	6.5 $\pm$ 0.00



Şekil 5.2.7. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan linolenik asit değerleri (%)

Çizelge 5.2.15. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % toplam doymuş yağ asiti değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	7.5 $\pm$ 0.07	7.4 $\pm$ 0.07	7.5 $\pm$ 0.07	7.2 $\pm$ 0.14
1	7.8 $\pm$ 0.07	7.4 $\pm$ 0.14	7.8 $\pm$ 0.07	7.5 $\pm$ 0.07
2	8.0 $\pm$ 0.14	7.6 $\pm$ 0.07	8.2 $\pm$ 0.00	7.7 $\pm$ 0.07
3	8.1 $\pm$ 0.14	7.6 $\pm$ 0.14	8.1 $\pm$ 0.00	7.9 $\pm$ 0.07
4	8.1 $\pm$ 0.14	7.7 $\pm$ 0.00	8.6 $\pm$ 0.00	8.0 $\pm$ 0.21
5	8.4 $\pm$ 0.07	7.9 $\pm$ 0.00	8.8 $\pm$ 0.00	8.4 $\pm$ 0.14
6	8.6 $\pm$ 0.07	8.2 $\pm$ 0.00	9.1 $\pm$ 0.00	8.4 $\pm$ 0.14
7	8.9 $\pm$ 0.00	8.5 $\pm$ 0.07	9.3 $\pm$ 0.00	8.8 $\pm$ 0.14
8	9.2 $\pm$ 0.07	8.7 $\pm$ 0.00	9.3 $\pm$ 0.00	9.0 $\pm$ 0.07
9	9.5 $\pm$ 0.00	8.9 $\pm$ 0.00	10.0 $\pm$ 0.00	9.6 $\pm$ 0.00
10	10.0 $\pm$ 0.07	9.3 $\pm$ 0.07	10.6 $\pm$ 0.28	9.8 $\pm$ 0.07



Şekil 5.2.8. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan toplam doymuş yağ asiti değerleri (%)

Tüm yağlar için kızartma sayısına paralel olarak toplam doymuş yağ asidi miktarı başlangıçtaki değerlere göre artmıştır ve bu değişim her iki yağın günlük ve haftalık kızartmaları için önemlidir ($p<0,10$). Buna göre hem günlük hem de haftalık kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağlar için başlangıçta % 7.5 olan toplam doymuş yağ asidi miktarı, 10.gün sonunda antioksidansız yağda % 10.0 'a ve antioksidanlı yağda % 9.3 'e yükselirken, haftalık kızartmalarda 10.hafta sonunda sırasıyla % 10.6 'ya ve % 9.8 'e yükselmiştir.

Günlük ve haftalık kızartmalardan elde edilen değerlere uygulanan t-testi sonucu hem antioksidansız hem de antioksidanlı yağın günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,10$).

Ortalamalar arası farkın kontrolü için yapılan t-testine göre doymuş yağ asiti miktarı bakımından hem günlük hem de haftalık kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,10$). Buna göre her iki deneme sürecinde toplam doymuş yağ asidi miktarındaki artış, antioksidanlı yağda daha az olmuştur.

Çizelge 5.2.16. 'da Şekil 5.2.9. 'da günlük ve haftalık kızartmalarda % toplam doymamış yağ asiti miktarında meydana gelen değişim görülmektedir.

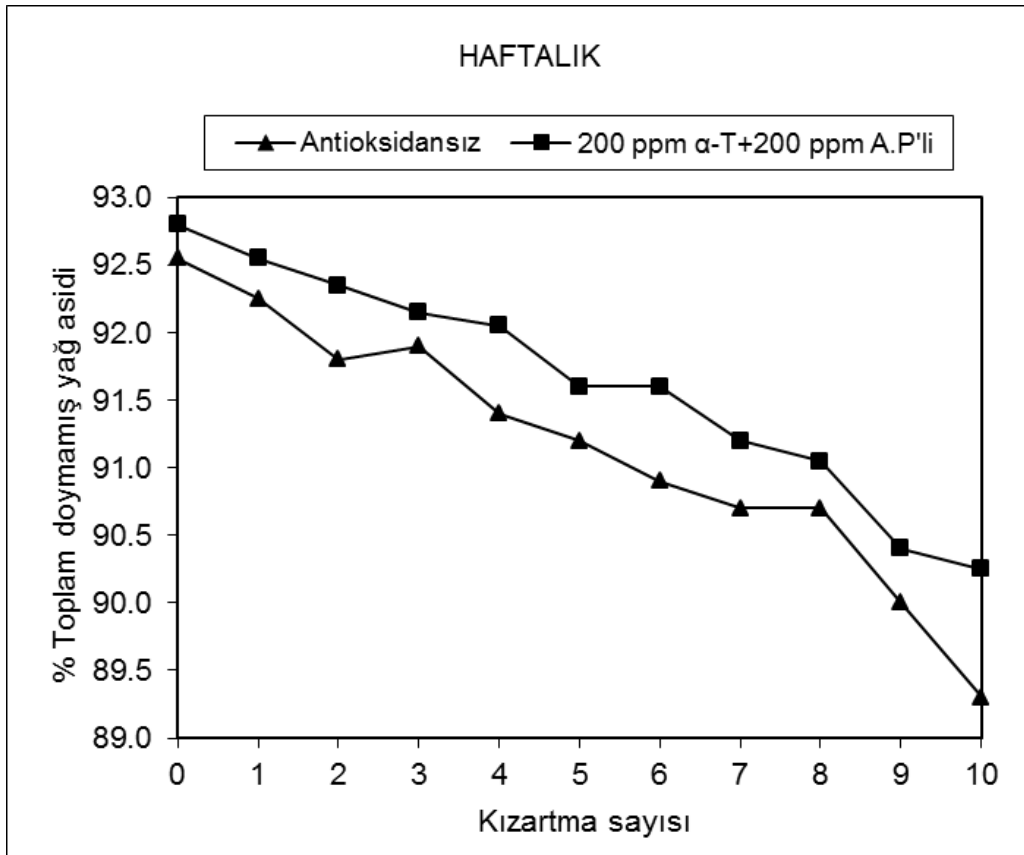
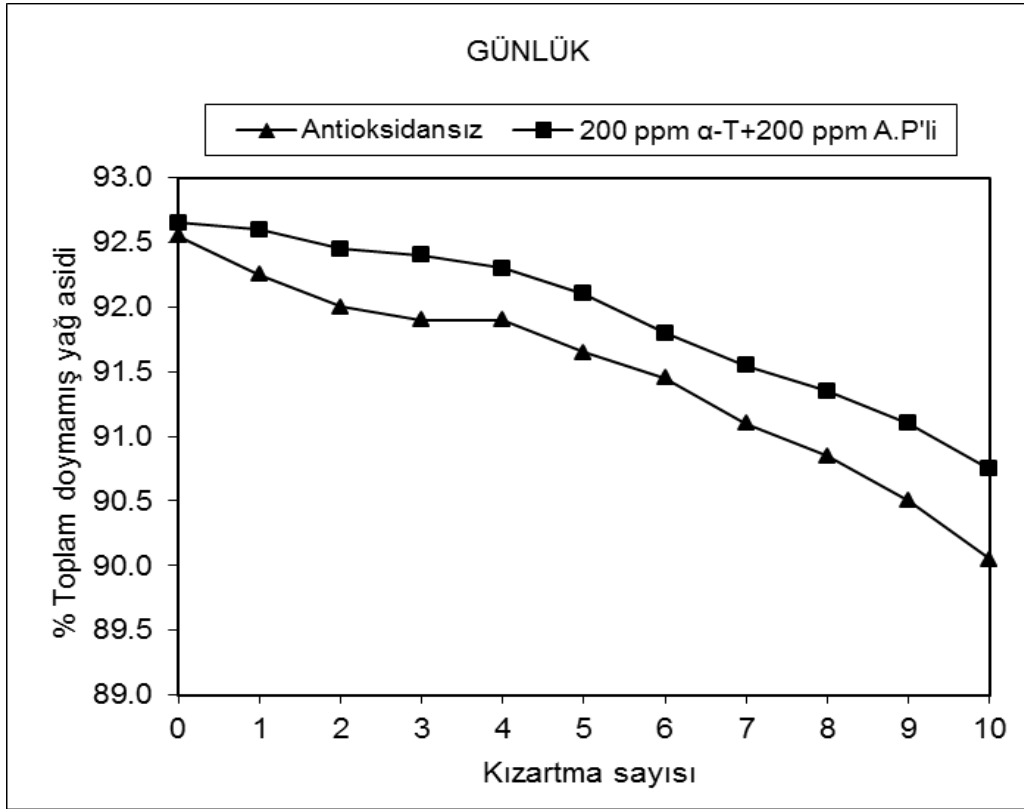
Günlük ve haftalık kızartmalarda toplam doymamış yağ asidi miktarı kızartma sayısı arttıkça azalmıştır ve bu değişim önemlidir ($p<0,10$). Buna göre günlük kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağlar için başlangıçta % 92.6 olan doymamış yağ asidi miktarı, 10.gün sonunda % 90.1'e ve % 90.8 'e düşmüştür. Haftalık kızartmalarda ise başlangıç değeri olan % 92.6 toplam doymamış yağ asidi miktarı, antioksidansız ve antioksidanlı yağda 10.hafta sonunda sırasıyla % 89.3 'e ve % 90.3 'e düşmüştür.

Yapılan t-testine göre antioksidansız ve antioksidanlı yağların günlük ve haftalık kızartmaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,10$).

Ortalamalar arası farkın kontrolü için yapılan t-testine göre, toplam doymamış yağ asidi miktarı bakımından antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arası fark hem günlük hem de haftalık kızartmalarda önemlidir ($p<0,10$). Buna göre her iki deneme sürecinde toplam doymamış yağ asidi miktarındaki düşüş, antioksidanlı yağda daha az olmuştur. Bu da antioksidan ilavesinin hem günlük hem de haftalık

Çizelge 5.2.16. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait % toplam doymamış yağ asiti değerleri

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α -T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	92.5 $\pm$ 0.07	92.7 $\pm$ 0.07	92.6 $\pm$ 0.07	92.8 $\pm$ 0.14
1	92.3 $\pm$ 0.07	92.6 $\pm$ 0.14	92.3 $\pm$ 0.07	92.6 $\pm$ 0.07
2	92.0 $\pm$ 0.14	92.5 $\pm$ 0.07	91.8 $\pm$ 0.00	92.4 $\pm$ 0.07
3	91.9 $\pm$ 0.14	92.4 $\pm$ 0.14	91.9 $\pm$ 0.00	92.2 $\pm$ 0.07
4	91.9 $\pm$ 0.14	92.3 $\pm$ 0.00	91.4 $\pm$ 0.00	92.1 $\pm$ 0.21
5	91.7 $\pm$ 0.07	92.1 $\pm$ 0.00	91.2 $\pm$ 0.00	91.6 $\pm$ 0.14
6	91.5 $\pm$ 0.07	91.8 $\pm$ 0.00	90.9 $\pm$ 0.00	91.6 $\pm$ 0.14
7	91.1 $\pm$ 0.00	91.6 $\pm$ 0.07	90.7 $\pm$ 0.00	91.2 $\pm$ 0.14
8	90.9 $\pm$ 0.07	91.4 $\pm$ 0.07	90.7 $\pm$ 0.00	91.1 $\pm$ 0.07
9	90.5 $\pm$ 0.00	91.1 $\pm$ 0.00	90.0 $\pm$ 0.00	90.4 $\pm$ 0.00
10	90.1 $\pm$ 0.07	90.8 $\pm$ 0.07	89.3 $\pm$ 0.28	90.3 $\pm$ 0.07



Şekil 5.2.9. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan toplam doymamış yağ asiti değerleri (%)

kızartmalarda etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, doymamışlığın ölçüsü olan iyot sayısı sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Çizelge 5.2.17. ve Çizelge 5.2.18. birlikte incelendiğinde, yağların günlük ve haftalık kızartmalarında iyot sayısı ile doymamış yağ asidi miktarı arasında yüksek pozitif korelasyon olduğu görülmektedir. Günlük kızartmalar arasındaki korelasyon katsayısı $r = 0,958$, haftalık kızartmalar için korelasyon katsayısı $r = 0,968$ olarak bulunmuştur.

Aynı çizelgelere göre; günlük ve haftalık kızartmalarda doymamışlık ve iyot sayısı ile kırılma indisi arasında negatif yüksek korelasyon olduğu yaptığımız çalışma sonuçlarında bulunmuştur. Miyagawa et al. (1991) ve Tyagi and Vasishta (1996) tarafından elde edilen korelasyon sonuçları, elde ettiğimiz korelasyon sonuçlarını desteklemektedir.

Çizelge 5.2.17. Günlük kızartmalara ilişkin kırılma indisi, iyot sayısı ve doymamış yağ asidi miktarı arasındaki korelasyon katsayısı

	Kırılma indisi	İyot sayısı	Doymamış yağ asidi miktarı
Kırılma indisi	1	-0,963*	-0,930*
İyot sayısı	-0,963*	1	0,958*
Doymamış yağ asidi miktarı	-0,930*	0,958*	1

*, $p < 0,01$ düzeyinde korelasyon önemlidir

Çizelge 5.2.18. Haftalık kızartmalara ilişkin kırılma indisi, iyot sayısı ve doymamış yağ asidi miktarı arasındaki korelasyon katsayısı

	Kırılma indisi	İyot sayısı	Doymamış yağ asidi miktarı
Kırılma indisi	1	-0,915*	-0,865*
İyot sayısı	-0,915*	1	0,968*
Doymamış yağ asidi miktarı	-0,865*	0,968*	1

*, $p < 0,01$ düzeyinde korelasyon önemlidir

Kızartma sırasında yağ asidi profili, kızartma koşullarının yol açtığı siklizasyona, polimerizasyona, politik, hidrolitik, oksidatif ve diğer reaksiyonlara bağlı olarak değişmektedir. Kızartma sırasında yağ asidi profilinin izlenmesi, yağ parçalanması ile bağlantılı olan bu reaksiyonlara ilişkin sınırlı bilgi sağlamaktadır. Diğer taraftan taze yağın yağ asidi profili, yağın kızartma sırasındaki performansının ve stabilitesinin önceden tahmin edilmesinde kullanılabilmektedir (Xu et al., 1999).

Isıl işlem; polar, yüksek moleküler ağırlıklı bileşikler oluşturan çift ve üçlü bağa sahip yağ asitlerinin modifikasyonunu teşvik etmektedir. Kızartma yağındaki

değişim, yağın doymamış yağ asidi içeriği ile uygulanan ısı işlemin kendisinden etkilenmektedir (Cuesta et al.,1991).

Xu et al. (1999), linoleik asit içeriğinin yüksek olmasının yağ kalitesi ve duyuşal açıdan negatif bir faktör olarak görünmediğini, oleik ve palmitik asit ile dengede olan belli miktardaki linoleik asit içeriğinin kızartma yağının tat ve tüm kalitesini iyileştirebildiğini belirtmişlerdir.

Çalışma sonuçlarımız, yağlarda kızartma sayısı arttıkça % doymamış yağ asitleri ($C_{18:1}$, $C_{18:2}$ ve $C_{18:3}$) miktarının azaldığını, buna karşılık % doymuş yağ asitleri ($C_{16:0}$ ve $C_{18:0}$) miktarının arttığını saptayan Al-Kahtahani (1991); Cuesta et al. (1991); Tyagi and Vasishta (1996); Che Man and Tan (1999); Xu et al. (1999)'ın çalışma sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

5.2.3.1. $C_{18:2}/C_{16:0}$ Oranında Meydana Gelen Değişmeler

Çizelge 5.2.19. 'da ve Şekil 5.2.10. 'da günlük ve haftalık kızartmalarda $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranında meydana gelen değişim görülmektedir.

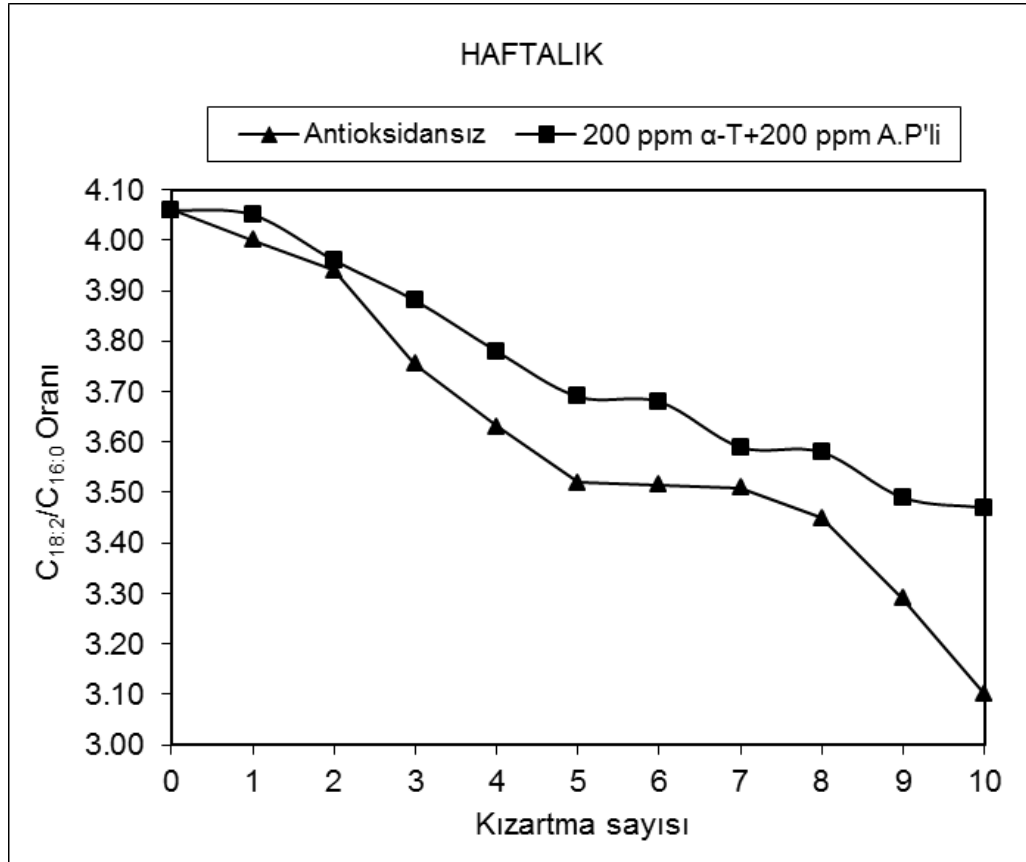
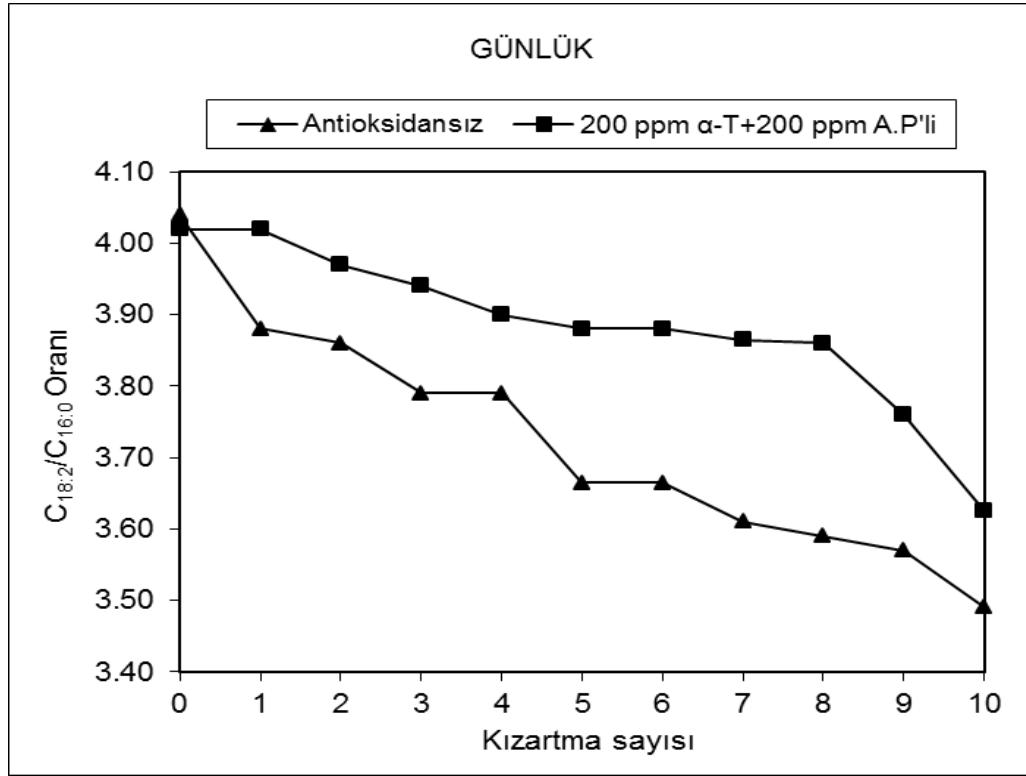
Günlük ve haftalık kızartmalarda $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı tüm yağlarda kızartma sayısı arttıkça azalma göstermektedir ($p<0,10$). Günlük kızartmalarda, antioksidansız ve antioksidanlı yağ için başlangıçta sırasıyla 4.04 ve 4.02 olan $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı, 10.gün sonunda sırasıyla 3.49 'a ve 3.63 'e düşmüştür. Haftalık kızartmalarda ise her iki yağda başlangıçta 4.06 olan oran, 10.hafta sonunda antioksidansız ve antioksidanlı yağda sırasıyla 3.00 'a ve 3.47 'ye düşmüştür.

Antioksidansız yağın günlük ve haftalık kızartmalarında $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranında ortalamalar arası fark önemli bulunmuştur ($p<0,10$). Bu fark antioksidanlı yağın günlük ve haftalık kızartmaları için de önemlidir ($p<0,10$). Hem antioksidansız hem de antioksidanlı yağda günlük kızartmalardaki düşüş, haftalık kızartmalardan daha az olmuştur ($p<0,10$).

Hem günlük hem de haftalık kızartmalarda antioksidansız ve antioksidanlı yağların $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranının ortalamaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,10$). Buna göre günlük ve haftalık kızartmalarda $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranındaki düşüş antioksidanlı yağda daha az olmuştur.

Çizelge 5.2.19. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalara ait C_{18:2}/C_{16:0} oranları

Kızartma Sayısı	GÜNLÜK		HAFTALIK	
	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α-T+200 ppm A.P'li Kızartma	Antioksidansız Kızartma	200 ppm α-T+200 ppm A.P'li Kızartma
0	4.04 ± 0.000	4.02 ± 0.057	4.06 ± 0.000	4.06 ± 0.000
1	3.88 ± 0.000	4.02 ± 0.057	4.00 ± 0.000	4.05 ± 0.014
2	3.86 ± 0.000	3.97 ± 0.014	3.94 ± 0.000	3.96 ± 0.000
3	3.79 ± 0.000	3.94 ± 0.057	3.75 ± 0.049	3.88 ± 0.000
4	3.79 ± 0.099	3.90 ± 0.000	3.63 ± 0.000	3.78 ± 0.014
5	3.66 ± 0.049	3.88 ± 0.000	3.52 ± 0.057	3.69 ± 0.014
6	3.66 ± 0.049	3.88 ± 0.000	3.51 ± 0.049	3.68 ± 0.000
7	3.61 ± 0.000	3.86 ± 0.106	3.51 ± 0.000	3.59 ± 0.000
8	3.59 ± 0.000	3.86 ± 0.000	3.45 ± 0.000	3.58 ± 0.014
9	3.57 ± 0.000	3.76 ± 0.014	3.29 ± 0.000	3.49 ± 0.000
10	3.49 ± 0.000	3.63 ± 0.049	3.00 ± 0.000	3.47 ± 0.000



Şekil 5.2.10. Kanola yağında günlük ve haftalık aralıklarla yapılan kızartmalarda saptanan $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranları

Linoleik asit ve palmitik asit çoğunlukla yağ bozulmasının belirlenmesinde güvenilir indikatörler olarak kullanılmaktadır. Çünkü linoleik asit oksidasyona çok duyarlı iken, palmitik asit oksidasyona karşı çok dayanıklıdır. Bu nedenle $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı kızartma yağının oksidatif bozulma derecesinin gösterilmesinde kullanılmaktadır. Kızartma sırasında $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı, oksidasyon sonucu linoleik asit miktarının azalmasından dolayı düşmektedir (Al-Kahtahani, 1991; Che Man and Tan, 1999)

Çalışma sonuçlarımız, kızartma sayısı arttıkça $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranının azaldığını saptayan Al-Kahtahani (1991); Che Man and Tan (1999) 'ın çalışma sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Derin yağda kızartma işlemi uygulanmış antioksidansız ve antioksidan (200 ppm α - tokoferol + 200 ppm Askorbil Palmitat) içeren rafine kanola yağlarında yapılan denemelerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Her iki deneme sürecinde kızartma sayısının artışına bağlı olarak her iki yağda termal oksidasyon düzeyi artmıştır.
- Günlük ve haftalık kızartmalar sonucu elde edilen değerler arasındaki fark antioksidansız yağ için serbest asitlikte, 'a' renk değerinde ($p<0,05$) ve $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranında ($p<0,10$) bulunurken; antioksidanlı yağda serbest asitlikte ($p<0,05$) ve $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranında ($p<0,10$) önemli bulunmuştur. Diğer tüm analizlerde her iki yağın günlük ve haftalık kızartmaları sonucu elde edilen değerler arasında önemli bir fark çıkmamıştır.
- Hem günlük hem de haftalık kızartmalarda dumanlanma noktası, L,a,b renk değerleri, serbest asitlik, $E_{232}^{%1}$ UV absorpsiyon değeri ($p<0,05$) ile iyot sayısı, toplam doymuş ve doymamış yağ asidi miktarları, $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı ($p<0,10$) bakımından antioksidansız ve antioksidanlı yağlar arası fark önemli bulunmuştur.
- Dumanlanma noktasının ≤ 170 °C olması yağın artık kullanılamayacağını göstermektedir. Antioksidansız yağda günlük kızartmada 9. kızartma sonunda, haftalık kızartmada 8. kızartma sonunda 170 °C 'nin altına düşmüştür. Buna göre kanola yağı kızartma sonrası süzülüp, renkli cam şişede, oda sıcaklığında saklandığı ve sadece patates kızartmasında kullanıldığı taktirde günlük kızartmalarda 8 defa, haftalık kızartmalarda ise 7 defa sağlıklı bir biçimde kullanılabilir. Antioksidanlı yağda ise 10. gün ve 10. hafta sonunda bile dumanlanma noktası değeri > 170 °C olmuştur. Bu da antioksidanlı yağın en az 10 defa günlük ve haftalık kızartmalarda kullanılabileceğini göstermektedir.
- Antioksidan ilavesi sadece 'L' renk değeri üzerine olumlu etkide bulunmamıştır. Antioksidan ilavesi başlangıçta 'L' renk değerinin antioksidansız yağa göre bir miktar azalmasına yol açmıştır. Yani bir miktar kararmaya neden olmuştur. 10. gün ve 10. hafta sonunda da kararma antioksidanlı yağda antioksidansız yağa göre biraz fazla olmuştur.
- Kırılma indisi ile hem iyot sayısı hem de toplam doymamış yağ asidi miktarı arasında negatif yüksek korelasyon; iyot sayısı ile toplam doymamış yağ asidi miktarı arasında pozitif yüksek korelasyon olduğu bulunmuştur ($p<0,10$).

- Hem günlük hem de haftalık kızartmalarda her iki yağ arasında $E_{232}^{%1}$ değeri bakımından fark olması ve bu değerdeki artışın $E_{270}^{%1}$ değerine göre daha fazla olması, linoleik asidin linolenik aside göre konjuge yapıya daha çabuk geçtiğini göstermektedir.
- Sonuç olarak, eklenen 200 ppm α -tokoferol (α -T.) + 200 ppm Askorbil Palmitat (A.P.) 'ın kanola yağının stabilitesini arttırtığı bulunmuştur. Stabilitenin daha da artırılması için yağa antioksidan ilavesi yanında, kızartma öncesi kızartma materyaline bazı ön işlemlerin (yıkama-dilimleme-kurulama) uygulanması ve kızartma sonrası yağın süzülerek renkli şişede, serin ve karanlıkta depolanması gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Alım, H. ,1978, Derin Kızartma İşlemi ve Kızartma Yağında Oksidatif Değişmeler, Gıda, 3(6), 233-236.
- Al-Kahtani, A.H., 1991, Survey of Quality of Used Frying Oils From Restaurants, JAOCS, Vol:68, No:11, 857-862.
- Anonymous, 1970a, Recommended International Standard for Olive Oil, Virgin and Refined, and for Refined Olive-Residue Oil: CODECS Alimentarius Commission, FAO/WHO Food Standards Programme, RS-33.
- Anonymous, 1990, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Fifteenth Edition, Vol 2, Association of Official Analytical Chemists Inc., USA, 951-965.
- Anonymous, 1998, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, 4th Edition, AOCS Press, Champaign.
- Asap, T. and Augustin, M.A., 1986, Effect of TBHQ on Quality Characteristics of RBD Olein During Frying, JAOCS, Vol:63, No:9, 1169-1172.
- Augustin, M.A., Telingai, A., Hang, I.K., 1987, Relationships Between Measurements of Fat Deterioration During Heating and Frying in RBD Olein, JAOCS, Vol:64, 1670-1674.
- Barbosa-Canovas, V., 1999, Deep-fat Frying , Fundamentals and Applications, Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, 350p.
- Baçoğlu, F.,1992, Derin Yağda Kızartılan Bazı Patlıcan Çeşitlerinin Yağ Emme Miktarlarının Saptanması Üzerine Bir Araştırma, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, no:8, Bursa, 1-19.
- Billek, G., 2000, Health Aspect of Thermoxidized Oils and Fats, Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102, 587–593.
- Blumental, M.M., 1991, A New Look at the Chemistry and Physics of Deep-Fat Frying, Food Tech., 45(2), 68-94.
- Bourgeois, C.F., 1981, Propriétés Antioxygènes des Tocophérols et du Palmitate d'Ascorbyle dans les Matiers Grasses, Revue Fran. Des Corps Gras, 28,9, 353-356
- Bourgeois, C.F. and Czornomaz, A.M., 1982, Utilisation du Palmitate d'Ascorbyle, de l' –Tocophérol et des Phospholipides pour Stabiliser le Saindoux, Revue française des Corps Gras, 29,3, 111-116.
- Chang, S.S., Peterson, R.J., Ho, C.T., 1978, Chemical Reactions Involved in the Deep Fat Frying of Foods, JAOCS, Vol:55, 718-727.

- Che Man, Y.B. and Tan, C.P., 1999, Effects of Natural and Synthetic Antioxidants on Changes in Refined, Bleached and Deodorized Palmolein During Deep-Fat Frying of Potato Chips, JAOCS, Vol:76, No:3, 331-339.
- Chillard, J. and Chillard, P., 1986, Inhibitors of the Prooxidant Activity of Tocopherol, JAOCS, Vol:63, No:9, 1168-1195.
- Cuesta, C., Sanchez-Muniz, F.J., Hernandez, I., 1991, Evaluation of Nonpolar Methyl Esters by Column and Gas Chromatography for the Assessment of Used Frying Olive Oils, JAOCS, Vol:68, No:6, 443-445.
- Diziezak, J., 1986, Preservatives, Antioxidants, Food Tech., 40, 94-102.
- Dobarganes, C., Marquez-Ruiz, G., Velasco, J., 2000, Interactions Between Fat and Food During Deep-Frying, Eur. J. Lipid. Sci. Tech., 102, 521-528.
- El-Shami, S.M., Selim, I.Z., El-Anwar, I.M., El-Mallah, M.H., 1992, Dielectric Properties for Monitoring the Quality of Heated Oils, JAOCS, Vol:69, No:9, 872-875.
- Ergin, G., 1999, Yağ Teknolojisi Ders Notları H. Ü. Gıda Müh. Böl., Beytepe, Ankara. (Basılmamış).
- Fellows, P., 2000, Food Processing Technology, Principles and Practice, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, London, 575 p
- Firestone, D., Stier, R.F., Blumenthal, M.M., 1990, Regulation of Frying Fats, Presented at Annual Meeting of Inst. Of Food Technologists, Anaheim, Calif., June.
- Frankel, E.N., 1984, Lipid Oxidation: Mechanisms, Products and Biological Significance, JAOCS, Vol:61, No:12, 1908-1916.
- Frankel, E.N., Warner, K., Moulton, A., 1985, Effects of Hydrogenation of Soybean, JAOCS, Vol:62, 1354-1358.
- Fritsch, C.W., Edberg, D.C., Magnusan, J.S., 1979, Changes in Dielectric Constant as a Measure of Frying Oil Deterioration, JAOCS, Vol:56, 746-750.
- Fritsch, C.W., 1981, Measurements of Frying Fat Deterioration, JAOCS, Vol:58, No:3, 272-274.
- Gertz, C., 2000, Chemical and Physical Parameters as Quality Indicators of Used Frying Fats, Eur. J. Lipid Sci. Tech. 102, 566-572.
- Goburdhun, D. and Jhurree, B., 1995, Effect of Deep-Fat Frying on Fat Oxidation in Soybean Oil, International Journal of Food Science and Nutrition, 46(4), 363-371.

- Gordon, M.H. and Kourimka, L., 1995, Effects of Antioxidants on Changes in Oils During Heating and Deep Frying, J. Sci. Food Agric., 68, 347-353.
- Gwo, Y.Y., Flick, G.J., Dupuy, H.P., 1985, Effect of Ascorbyl Palmitate on the Quality of Frying Fats for Deep Frying Operations, JAOCS, Vol:62, No:12, 1666-1671.
- İnternet: Canola Information Service, 2001, <http://www.canolainfo.org/> .
- Karabacak, H., 1996, α -Tokoferol ve Askorbil Palmitatın Mısırozü Yağının Termik Oksidasyonuna Antioksidatif Etkileri Üzerine Araştırma, Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 70s.
- Kayahan, M., 1975, Yağlarda Meydana Gelen Oksidatif Bozulmalar ve Önleme Çareleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Yayınları: 601, Derleme 14, 18s.
- Kayahan, M., 1981, Derin Yağda Kızartma Sırasında Zeytin ve Ayçiçeği Yağlarında Oluşan Değişiklikler Üzerine Bir Araştırma, Ege Ü., Besin İşleme ve Mühendisliği Çalışmalarından (Ayrı Basım).
- Kayahan, M., 1998, Lipidler. (Alınmıştır: Saldamlı, İ., 1998, Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 107-193).
- Koskas, J.P., Cillard, J., Cillard, P., 1984, Autoxidation of Linoleic Acid and Behaviour of Its Hydroperoxides With and Without Tocopherols, JAOCS, Vol:61, No:9, 1466-1469.
- Lang, K. , Billek, G., Führ, J., Henschel, J., Jan von, E., Kracht, J., Scharmann, H., Strauss, H.-J., Unbehend, M., Waibel, J., 1978, Ernährungsphysiologische Eigenschaften von Fritierfetten. Z. Ernährungswiss. Supplement. 21,1-61.
- MacLenbacker, V.C., 1960, The Analysis of Fat and Oils, 425-430.
- Madhavi, D.L., Deshpande, S.S., Salunkhe, D.K., 1996, Food Antioxidants, Technological, Toxilogical and Health Perspectives, Marcel Dekker Inc., 270 Madison Avenue, New York 10016, 680p.
- Marks, C., 1988, Determination of Free Tocopherols in Deodorizer Distillate by Capillary Gas Chromotography, JAOCS, Vol:65, No:12, 1936-1939.
- McDonald, E.B. , 1994, Canola Oil Nutritional Properties, Canola Council of Canada, 400-167 Lambard Avenue Winnipag, Manitoba, CANADA, 5p.
- McGill, E.A., 1980, The Chemistry of Frying, Bakers Digest, 6(62), 32-42.
- Melton, S. L., Jafar, S., Sykes, D., Trigiana M. K., 1994, Review of Stability Measurement for Frying Oils and Fried Food Flavour, JAOCS, Vol:71, No:12, 1301-1308.
- Metin, S., 1987, α -Tokoferol ve Askorbil Palmitatın Ayçiçek Yağının Termik Oksidasyonuna Antioksidatif Etkileri Üzerinde Araştırma, Yüksek

Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 88s.

Ming, L.L. and Seib, A.P., 1988, Chemistry of L. Ascorbic Acid Related of Foods, Food Chem., 30, 289-312.

Miyagawa,K., Hirai, K., Takezoe, R., 1991, Tocopherol and Fluorescence Levels in Deep-Frying Oil and Their Measurement for Oil Assessment, JAOCS, Vol.68, No:3, 166-168.

Mounts, T. L., Warner, K., List, G. R., neff, W. E., Wilson, R. F., 1994. Low-Linolenic Acid Soybean Oils- Alternatives to Frying Oils. JAOCS, Vol: 71, No: 5, 495-499.

Nawar, W.M., 1985, Lipids, Food Chemistry, 2nd Ed., O.R. Fennema (Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, 140-244.

Nergis, C. ve Ünal, K., 1986, Lipidlerin Bozulması Üzerine metallerin Etkileri E.Ü. Müh. Fak. Dergisi Seri B, Gıda Mühendisliği, 41, 89-97.

Noor, N. and Augustin, M.A., 1984, Effectiveness of Antioxidants on the Stability of Banana chips, J. Sci. Food. Agric., 35, 805-812.

Normand, L., Eskin, N.A.M., Przybylski, R., 2001, Effect of Tocopherols on the frying Stability of Regular and Modified Canola Oils, JAOCS, Vol:78, No:4, 369-372.

O'Brien, R., 1993, Foodservice Use of Fat and Oils, INFORM, 4(8), 913-921.

O'Brien, D.R., 1998, Fats and Oils, Formulating and Processing for Applications, Techromic Publishing Company Inc., Lancaster, Pennsylvania / USA, 694p.

Özdemir, A., 1985, α -Tocopherol ve Askorbil Palmitatın Naturel Zeytinyağının Termik Oksidasyonuna Antioksidatif Etkileri Üzerine Araştırmalar, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 92s.

Paradis, A.J. and Nawar, W.W., 1981, Evaluation of New Methods for the Assesment of Used Frying Oils, J. Food Sci., 46, 449-451.

Paul, S. and Mittal, G.S., 1996, Dynamics of Fat/Oil Degradation During Frying Based on Physical Properties, Journal of Food Process and Eng., 19, 201-221.

Pazola, Z., Gawecki, J., Buchowski, M., Korzak, J., Jankun, J. and Grezeskowiak, B., 1985, Choice of Simple Methods for Quality Control of Frying Fat During Deep Frying of Potato products: Fette Seifen Ans. 87,5, 190-193.

Peers, K.E. and Swoboda, P.A.T., 1982, Deterioration of Sunflower Seed Oil Under Simulated Frying Conditions and During Smale-Scale Frying of Potato Chips, J. Sci. Food Agric., 33, 389-395.

- Perkins, E.G., 1967, Formation of Non-Volatile Decomposition Products in Heated fats and Oils, Food Tech., 21, 125-130.
- Perkins, E.G., Erickson, M.D., 1996, Deep Frying Chemistry, Nutrition, and Practical Applications, AOCS Press, Champaign, Illinois, 357p.
- Petukhov, I., Malcolmson, L.J., Przybylski, R. and Armstrong, L., 1999, Frying Performance of Genetically Modified Canola Oils, JAOCS, Vol:76, No:5, 627-631.
- Pokorny, J., 1973, Changes of Sunflower Seed Oil During Deep Fat Frying of Fish, Scientific Paper of the Institute of Chemical Technology (Food), Prague E38, 103-139.
- Pokorny, J., 1981, Influence des Substances non Lipidiques sur l'oxydation des Corps Gras: Revue Française des Corps Gras, 28,4, 151-159.
- Prkybylski, R., 1994, Canola Oil Chemical and Physical Properties, Canola Council of Canada, 400-167 Lambard Avenue Winnipag, Manitoba, CANADA, 10p.
- Robertson, J.A., Moddison, W.H., Lyon, B.G., Shaw, R.L., 1978, Flavor and Chemical Evaluation of Potato Chips Fried in Sunflower, Cottonseed and Palm Oils, J. Food Sci., 43, 420-423
- Sağlam, F. ve Kutluay, I., 1983, Kurum Beslenme Servislerinde Uygulanan Değişik Kızartma Yöntemlerinin Kızartılan Yiyeceğin Kalitesi Üzerine Etkisi, GIDA Yıl:8 Sayı:2 Mart-Nisan, 73-80.
- Saldamlı, İ., 1985, Gıda Katkı Maddeleri ve Ingredientler, H.Ü. Müh. Fak. Gıda Müh. Böl., Ankara, 197 s.
- Schultz, H.W., 1962, Symposium on Foods: Lipids and Their Oxidation, The Second in Series of Symposia on Foods Held at Oregon State University, The AVI Publishing Company, Inc., 294-320.
- Serim, F., 1979, Rafine Ayçiçeği Yağı, Rivyera Tipi Zeytinyağı ve Bunların Karşımları ile Naturel Zeytinyağının Farklı Sıcaklık ve Sürelerde Gösterdikleri Termik Oksidasyon Düzeyinin Saptanması Üzerine Araştırmalar, Atatürk Ü. Ziraat Fak. Süt ve Gıda Tek. Böl., Doçentlik Tezi, Erzurum, 115s.
- Severge, A., 1981, Kızartma Yağlarının Bozunma Aşamasını Saptamak Üzere Yeni Analiz Yöntemleri, GIDA Yıl:6, sayı:1-2 Ocak-Mart, 11-19.
- Simonne, A.H. and Eitenmiller, R.R., 1998, Retention of Vit E and Added Retinyl Palmitate in Selected Vegetable Oils During Deep-Fat Frying and in Fried Breaded Products, J. Agric. Food Chem., 46, 5273-5277.
- Sims, R., 1994, Oxidation of Fats in Food Products, INFORM, 5(9), 1020-1028.
- Smith, L.M., Clifford, A.J., Hamblin, C.L. and Creveling, R.K., 1986, Changes in Physical and Chemical Properties of Shortening Used for Commercial Deep-Fat Frying, JAOCS, Vol:63, No:8, 1017-1023.

- Stauffer, C.E., 1996, Fats and Oils, Eagan Press Handbook Series, Eagan Press, St. Paul, Minnesota, USA., 149p.
- Stevenson, S. G. , Vaisey-Genser, M. and Eskin, N.A.M., 1984, Quality Control in the Use of Deep Frying Oils, JAOCS, Vol:61, No:6, 1102-1108.
- Stuckey, B.N., 1981, Antioxidants as Food Stabilizer:Handbook of Food Additives, 2nd Edition, Vol.1, T.E. Furia (Ed.), CRC Press Inc., Cleveland, Ohio, 185-223.
- Tekin, A., Doğan, A., 1991, Bazı Kolza Tohumu Yağlarının Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Araştırma, GIDA 16 (5), 307-310.
- Tompkins, C. and Perkins, E.G., 2000, Frying Performance of Low-Linolenic Acid Soybean Oil, JAOCS, Vol:77, No:3, 223-228.
- Trost, W.N., 1989, Characterization of Corn Oil, Soybean Oil and Sunflower Seed Oil Non-Polar Material, JAOCS, Vol:66, No:3, 325-333.
- Tyagi, V.K. and Pramod, K., 1994, Formation of Polimeric Fractions in Frying Fats, Journal of the Oil Technologists - Association of India, 26(1), 13-16.
- Tyagi, V.K. and Vasistha, A.K., 1996 Changes in the Characteristics and Composition of Oils During Deep-Fat Frying, JAOCS, Vol. 73, No:4, 499-506.
- Vaisey, M., Genser, N., Eskin, M., 1988, Canola Oil, Properties and Performance, Canola Council of Canada, 400-167 Lambard Avenue Winnipag, Manitoba, CANADA, 4p.
- Vaisey-Genser, M. ,1994, Canola Oil Sensory Properties, Canola Council of Canada, 400-167 Lambard Avenue Winnipag, Manitoba, CANADA, 5p.
- Varela, G. and Moreiras, O., 1980, Utilization of Some Oils in Repeated Domestic Frying: Proceeding of the Third International Congress on the Biological Value of Olive Oil, I.O.O.C. Greece, 421-426.
- Warner, K. and Mounts, T.L., 1993, Frying Stability of Soybean and Canola Oils with Modified Fatty Acid Compositions, JAOCS, Vol:70, No:10, 983-985.
- White, P., 1991, Methods for Measuring Changes in Deep-Fat Frying, Food Tech., 45(2), 95-99.
- Wong, M.L., Timms, R.E., Goh, E.M., 1988, Colorimetric Determination of Total Tocopherols in Palm Oil, Olein and Stearin, JAOCS, Vol:65, No:2, 258-261.
- Xu, X., Tran, V. H., Palmer, M., White, K., Salisbury, P. 1999. Chemical and Physical Analysis and Sensory Evaluation of Six Deep-Frying Oils. JAOCS, Vol: 76, No:9, 1091-1099.
- Xu, X., 2000, A New Spectrophotometric Method for the Rapid Assesment of Deep Frying Oil Quality, JAOCS, Vol:77, No:10, 1083-1086.

- Yaprak, S., 2000, Manda İç Yağı ve Koyun Kuyruk Yağının Yağ Asidi Bileşimi ve Kimi Karakteristik Özellikleri, Depolama ve Isıl İşleme Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişim, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 91s.
- Yıldız, A. ve Genç, Ö. , 1993, Enstrümental Analiz, Hacettepe Üni. Yayınları, A-64, Ankara, s:433.
- Zincirlioğlu, M.,1997, Türkiye Yağ sanayicileri Birliğinin Görüş ve Beklentileri,21. Yüzyıla Girerken Türkiye, Kanola Sempozyumu, 10 Temmuz, 1997, Ankara, Türkiye, s. 22-31.

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Baran ÖNAL

Doğum Yeri : Mardin

Doğum Yılı : 01.05.1977

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise : 1992-1995 Manisa Fatih Anadolu Lisesi

Lisans : 1995-1999 Hacettepe Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : 1999- Hacettepe Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda
Teknolojisi Ana Bilim Dalı

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi : 2000 - Hacettepe Üniversitesi Gıda
Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi