

**DERİN YAĞDA KIZARTMA İŞLEMİNİN BAZI  
BİTKİSEL SIVI YAĞLARIN YAĞ ASİTİ  
BİLEŞİMLERİ İLE OKSİDATİF STABİLİTELERİ  
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Aysun OKUR**

**Yüksek Lisans Tezi  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat TAŞAN**

**2008**

T.C.  
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DERİN YAĞDA KIZARTMA İŞLEMİNİN BAZI BİTKİSEL SIVI  
YAĞLARIN YAĞ ASİTİ BİLEŞİMLERİ İLE OKSİDATİF  
STABİLİTELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Aysun OKUR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Murat TAŞAN

TEKİRDAĞ-2008

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Murat TAŞAN'ın danışmanlığında, Aysun OKUR tarafından hazırlanan bu çalışma 14.02.2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

İmza:

Üye : Doç. Dr. H. Ersin ŞAMLI

İmza:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat TAŞAN

İmza:

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Enstitü Müdürü**

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### CHANGES IN OXIDATIVE STABILITY AND FATTY ACID COMPOSITION OF SELECTED VEGETABLE OILS DURING DEEP-FRYING

Aysun OKUR

Trakya University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Main Science Division of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Murat TAŞAN

The objective of this study was to determine the changes in oxidative stability and fatty acid composition of selected vegetable oils during the domestic deep-frying conditions of French fries. Deep-frying experiments were performed in a domestic covered electric deep fryer (530.7 cm<sup>2</sup> surface, 16 cm high, diameter 26 cm), with automated thermostat control, by using French fries, in different vegetable oils (riviera olive oil, refined sunflower, refined soybean, refined hazelnut and refined corn oils). The French fries, each weighing 200 g, were intermittently fried each time in 2.0 L of oil, for 4 min at 175±5°C. Time required to bring the oil to 175±5°C before introduction of potato slices was about 6-7 min. The deep-frying experiments were repeated 10 times at intervals of 60 min using new French fries in the same oil without oil replenishment. Samples of the fresh oils together with those sampled at the end of successive frying operations (1, 3, 5, 7, 9 and 10) were removed and maintained at -18°C until analyses.

Free fatty acidities (FFA), peroxide values (PV), and fatty acid compositions were determined during the frying operations in order to evaluate the status of the frying oils. Induction period (IP) was also measured by Rancimat at 110°C. The results showed the free fatty acidities, the peroxide values, and the Rancimat induction times changed significantly (P<0.01) in all samples during the frying operations. The free fatty acid levels increased permanently for each type of oil throughout the frying period. All the oils had reached their maximum levels of free fatty acid by the end of frying operations. The peroxide values for refined sunflower, refined corn and refined soybean oils increased constantly until 9 times of the frying operations. After at that point, nevertheless, their peroxide values declined during the rest of the frying period. But, the peroxide values for refined hazelnut oil and riviera olive oil increased constantly throughout the frying period. On the other hand, the Rancimat induction times for all the oils decreased gradually throughout the frying period. The obtained the fatty acid compositions, as mean values of all the oils, showed a significant increase in palmitic acid and a significant decrease in linoleic acid (P<0.01) during the frying period. In addition, the frying operations had significant effect on the contents of total saturated fatty acid, total polyunsaturated fatty acid, and total unsaturated fatty acid (P<0.01). The frying operations did not cause an increase in the *trans* isomers of linoleic and linolenic acids. The content of *trans* oleic acid showed a small but statistically significant increased (P<0.01).

**Keywords:** deep-frying, fatty acid composition, oxidative stability, French fries, *trans* isomer

2008, 104 pages

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DERİN YAĞDA KIZARTMA İŞLEMİNİN BAZI BİTKİSEL SIVI YAĞLARIN YAĞ ASİTİ BİLEŞİMLERİ İLE OKSİDATİF STABİLİTELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Aysun OKUR

Trakya Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat TAŞAN

Bu çalışmada, derin yağda (ev tipi) kızartma işlemlerinde bazı bitkisel sıvı yağların yağ asiti bileşimleri ile oksidatif stabilitelemlerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kızartma işlemleri, ön kızartma uygulanmış dondurulmuş patates dilimleri kullanılarak riviera zeytinyağı, rafine ayçiçeği, rafine soya, rafine fındık ve rafine mısırözü yağlarında ev tipi kapaklı ve otomatik termostat kontrollü elektrikli fritözde (530,7 cm<sup>2</sup> yüzey, 16 cm derinlik, 26 cm çap) gerçekleştirilmiştir. Patates dilimleri, her defasında 200 g, 2 litre yağ içerisinde 4 dakikalık süreyle 175±5°C’de aralıklı olarak kızartılmıştır. Patates dilimlerinin konulması öncesi bu sıcaklığa erişim için gerekli süre yaklaşık 6–7 dakikadır. Kızartma işlemleri, 60 dakikalık aralarla her defasında yeni patates dilimleri kullanılarak tekrar yağ ilave etmeksizin 10 defa gerçekleştirilmiştir. Kızartma işlemi öncesi yağlardan ve bu yağlarla arka arkaya gerçekleştirilen 1., 3., 5., 7., 9 ve 10. kızartma işlemlerinden örneklemeler yapılmıştır. Örnekler analiz edilinceye kadar –18°C’de bekletilmiştir.

Kızartma işlemlerinde kullanılan yağların durumlarının değerlendirilmesi amacıyla % serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve yağ asiti bileşimi analizleri uygulanmıştır. Ayrıca, Ransimat cihazı kullanılarak 110°C’de indüksiyon periyodu ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar kızartma işlemleri süresince % serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve Ransimat indüksiyon zamanlarında önemli (P<0,01) değişimlerin olduğunu göstermiştir. Kızartma periyodunda, bütün yağ çeşitlerinde % serbest yağ asitliği sürekli artışlar göstererek kızartma işlemi sonunda en üst seviyeye ulaşmıştır. Peroksit değerleri, rafine ayçiçeği, rafine mısırözü ve rafine soya yağlarında 9. kızartma işlemine kadar sürekli artışlar gösterirken, 10. kızartmada düşüşler görülmüştür. Buna karşın, rafine fındık yağı ve riviera zeytinyağında ise kızartma periyodunun sonuna kadar sürekli artışlar belirlenmiştir. Diğer taraftan, Ransimat indüksiyon zamanları, bütün yağ çeşitlerinde kızartma periyodunun sonuna kadar sürekli olarak azalmıştır. Yağ asiti bileşimlerinde, bütün yağ çeşitlerinin ortalamaları olarak, kızartma periyodunda palmitik asitte önemli artış ve linoleik asitte önemli azalış görülmüştür (P<0,01). İlave olarak, kızartma işlemleri toplam doymuş, toplam çoklu doymamış ve toplam doymamış yağ asiti içeriklerini önemli ölçüde etkilemiştir (P<0,01). Kızartma işlemleri, linoleik ve linolenik asitlerin *trans* izomerlerinde artışa neden olmamıştır. *Trans* oleik asit içeriği ise az miktarda ancak istatistiksel açıdan (P<0,01) önemli artış göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** derin yağda kızartma, yağ asiti bileşimi, oksidatif stabilite, patates dilimleri, *trans* izomer

2008, 104 sayfa

## TEŐEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında bana her türlü bilgi ve yardımı sağlayan değerli bölüm hocalarıma, saygıdeğer bölüm başkanımız Prof. Dr. Mehmet Demirci'ye, araştırma konusunun seçiminden çalışmanın sonuna kadar değerli görüş ve yardımlarını sağlayan danışmanım sayın Yrd. Doç. Murat Taşan'a, istatistiksel analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Yrd. Doç. Binnur Kaptan'a, çalışmamın gerçekleşmesinde bana tüm laboratuvar imkânlarını sunan Unilever Türk Anonim Şirketi-Çorlu Kalite Güvence Departmanı Sorumlusu Gıda Yüksek Mühendisi Özden Fidan ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca benden hoşgörülerini ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, her daim yanımda olmasından güç aldığım eşim Ahmet Karga'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2.KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>12</b>
<b>3.MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>
3.1. Materyal.....	28
3.2. Metot.....	28
3.2.1. Derin Yağda Kızartma İşlemi.....	28
3.2.2. Örneklere Uygulanan Analiz Metotları.....	29
3.2.2.1. % Serbest Yağ Asitliği İçeriğinin Belirlenmesi.....	29
3.2.2.2. Peroksit Sayısının Belirlenmesi.....	30
3.2.2.3. İndüksiyon Zamanlarının Belirlenmesi.....	31
3.2.2.4. Yağ Asidi Bileşimlerinin Belirlenmesi.....	31
3.2.2.5. İstatistiksel Değerlendirme.....	32
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>33</b>
4.1. Örneklere Uygulanan Analiz Sonuçları.....	33
4.1.1. % Serbest yağ asitleri.....	33
4.1.2. Peroksit Değerleri.....	36
4.1.3. İndüksiyon Zamanları (110°C).....	39
4.1.4. Yağ Asitleri Bileşimleri.....	42
4.1.4.1. Doymuş yağ asitleri.....	48
4.1.4.1.1. Palmitik asit (C <sub>16:0</sub> ).....	48
4.1.4.1.2. Stearik asit (C <sub>18:0</sub> ).....	50
4.1.4.1.3. Toplam doymuş yağ asitleri.....	53
4.1.4.2. Doymamış yağ asitleri.....	55
4.1.4.2.1. Toplam <i>trans</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ).....	55
4.1.4.2.2. <i>Cis</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ).....	58
4.1.4.2.3. Toplam <i>trans</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ).....	60
4.1.4.2.4. <i>Cis</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ).....	62
4.1.4.2.5. Toplam <i>trans</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ).....	65
4.1.4.2.6. <i>Cis</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ).....	67
4.1.4.2.7. Toplam <i>trans</i> yağ asitleri.....	69
4.1.4.2.8. Toplam tekli doymamış yağ asitleri.....	71
4.1.4.2.9. Toplam çoklu doymamış yağ asitleri.....	74
4.1.4.2.10. Toplam doymamış yağ asitleri.....	75
4.1.4.3. Toplam doymamış asitleri miktarlarının toplam doymuş yağ asitleri miktarlarına oranı.....	77
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>80</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>82</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>92</b>
EK 1. Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine ayçiçeği yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram.....	92
EK 2. Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine mısırözü yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram.....	93

EK 3. Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine soya yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram.....	94
EK 4. Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası riviera zeytinyağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram.....	95
EK 5. Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine fındık yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram.....	96
EK 6. Kızartma işleminde kullanılan bitkisel sıvı yağlara ait bazı örneklerin iletkenlik eğrisindeki kırılma noktaları (indüksiyon periyodu).....	97
EK 7. Korelasyon katsayıları.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	104



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge.1.1. Kızartma yağlarının taşınması gereken bazı özellikler.....	10
Çizelge 1.2. Avrupa ülkelerinde kızartma yağları için saptanan nitelikler.....	10
Çizelge 3.1. Kızartma işleminde kullanılan parametreler.....	29
Çizelge.3.2. Peroksit sayısı için alınacak numune miktarı (g).....	30
Çizelge 4.1. Kızartma işlemi süresince % serbest yağ asitliği değerleri ortalamaları (% oleik asit cinsinden).....	33
Çizelge 4.2. % serbest yağ asitliği değerleri varyans analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.3. Yağ çeşidine göre % serbest yağ asitliği değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	34
Çizelge 4.4. Kızartma sayısına göre % serbest yağ asitliği değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	34
Çizelge 4.5. Kızartma işlemi süresince peroksit değerleri ortalamaları (meq O <sub>2</sub> /kg yağ)...	36
Çizelge 4.6. Peroksit değerleri varyans analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4.7. Yağ çeşidine göre peroksit değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	37
Çizelge 4.8. Kızartma sayısına göre peroksit değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	38
Çizelge 4.9. Kızartma işlemi süresince yağların 110°C'deki indüksiyon zamanları ortalamaları (saat).....	39
Çizelge 4.10. 110°C'deki indüksiyon zamanları varyans analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.11. Yağ çeşidine göre 110°C'deki indüksiyon zamanlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	40
Çizelge 4.12. Kızartma sayısına göre 110°C'deki indüksiyon zamanlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	40
Çizelge 4.13. Kızartma işlemi süresince rafine ayçiçeği yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%).....	43
Çizelge 4.14. Kızartma işlemi süresince rafine soya yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%).....	44
Çizelge 4.15. Kızartma işlemi süresince rafine mısırözü yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%).....	45
Çizelge 4.16. Kızartma işlemi süresince riviera zeytinyağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%).....	46
Çizelge 4.17. Kızartma işlemi süresince rafine fındık yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%).....	47
Çizelge 4.18. Palmitik asit (C <sub>16:0</sub> ) miktarları varyans analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.19. Yağ çeşidine göre palmitik asit (C <sub>16:0</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	49
Çizelge 4.20. Kızartma sayısına göre palmitik asit (C <sub>16:0</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	49
Çizelge 4.21. Stearik asit (C <sub>18:0</sub> ) miktarları varyans analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.22. Yağ çeşidine göre stearik asit (C <sub>18:0</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	51
Çizelge 4.23. Kızartma sayısına göre stearik asit (C <sub>18:0</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	52
Çizelge 4.24. Toplam doymuş yağ asidi miktarları varyans analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.25. Yağ çeşidine göre toplam doymuş yağ asidi miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	53

Çizelge 4.26. Kızartma sayısına göre toplam doymuş yağ asidi miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	54
Çizelge 4.27. Toplam <i>trans</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ) miktarları varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.28. Yağ çeşidine göre toplam <i>trans</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları(P<0,01).....	56
Çizelge 4.29. Kızartma sayısına göre toplam <i>trans</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	57
Çizelge 4.30. <i>Cis</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ) miktarları varyans analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.31. Yağ çeşidine göre <i>cis</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	59
Çizelge 4.32. Kızartma sayısına göre <i>cis</i> oleik asit (C <sub>18:1</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	59
Çizelge 4.33. Toplam <i>trans</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ) miktarları varyans analiz sonuçları.....	61
Çizelge 4.34. Yağ çeşidine göre <i>trans</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	61
Çizelge 4.35. Kızartma sayısına göre <i>trans</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	61
Çizelge 4.36. <i>Cis</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ) varyans analiz sonuçları.....	63
Çizelge 4.37. Yağ çeşidine göre <i>cis</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	63
Çizelge 4.38. Kızartma sayısına göre <i>cis</i> linoleik asit (C <sub>18:2</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	64
Çizelge 4.39. Toplam <i>trans</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ) varyans analiz sonuçları.....	65
Çizelge 4.40. Yağ çeşidine göre toplam <i>trans</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	66
Çizelge 4.41. Kızartma sayısına göre <i>trans</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	66
Çizelge 4.42. <i>Cis</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ) varyans analiz sonuçları.....	67
Çizelge 4.43. Yağ çeşidine göre <i>cis</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,05).....	68
Çizelge 4.44. Kızartma sayısına göre <i>cis</i> linolenik asit (C <sub>18:3</sub> ) miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	68
Çizelge 4.45. Toplam <i>trans</i> yağ asitleri varyans analiz sonuçları.....	70
Çizelge 4.46. Yağ çeşidine göre toplam <i>trans</i> yağ asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	70
Çizelge 4.47. Kızartma sayısına göre toplam <i>trans</i> yağ asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	70
Çizelge 4.48. Toplam tekli doymamış yağ asitleri miktarları varyans analiz sonuçları.....	72
Çizelge 4.49. Yağ çeşidine göre toplam tekli doymamış yağ asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	72
Çizelge 4.50. Kızartma sayısına göre toplam tekli doymamış asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	73
Çizelge 4.51. Toplam çoklu doymamış yağ asitleri miktarları varyans analiz sonuçları....	74
Çizelge 4.52. Yağ çeşidine göre toplam çoklu doymamış yağ asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	74
Çizelge 4.53. Kızartma sayısına göre toplam çoklu doymamış yağ asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	75
Çizelge 4.54. Toplam doymamış asitleri miktarları varyans analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.55. Yağ çeşidine göre toplam doymamış yağ asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01).....	76

Çizelge 4.56. Kızartma sayısına göre toplam doymamış yağ asitleri miktarlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P<0,01$ ).....	77
Çizelge 4.57. Toplam doymamış asitleri miktarlarının toplam doymuş yağ asitleri miktarlarına oranları varyans analiz sonuçları.....	78
Çizelge 4.58. Yağ çeşidine göre toplam doymamış asitleri miktarlarının toplam doymuş yağ asitleri miktarlarına oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları...	78
Çizelge 4.59. Kızartma sayısına göre toplam doymamış asitleri miktarlarının toplam doymuş yağ asitleri miktarlarına oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları.....	78

## 1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde kullanılan gıda maddeleri arasında yağların özel bir yeri vardır. Yenilebilir yağlar yüksek enerji değerlerinin yanı sıra A, D, E, K gibi vitaminler için iyi bir çözücü ve taşıyıcı olması, esansiyel yağ asitleri içerikleri ile diyetin vazgeçilmez yapı taşlarıdır. Esansiyel yağ asitleri insan vücudunda sentezlenemez, bu nedenle de günlük besinlerle hazır olarak alınmaları gerekir (Martin ve ark. 1981).

Doğal haliyle veya teknolojik işlemler uygulanarak tüketilen yağlardan, vücudun gerektiğinde yararlanabilmesini sağlamak tüketicinin en temel görevidir. Fakat hiçbir gıda maddesinin belli bir süreç içinde ve uygun şekilde tüketilmedikçe, fiziksel, kimyasal ve özellikle biyokimyasal niteliklerini uzun süre koruması mümkün değildir. Kaldı ki, en uygun biçim ve niteliklerde kullanılması halinde bile toplumlarda çıkabilecek sağlık sorunları ile beslenme rejimleri arasındaki ilişki araştırıldığında en çok sorgulanan gıda maddesinin yağlar olduğu görülmektedir (Kayahan 2001).

Yağlardan beklenen yararların sağlanması üretimden tüketime dek her aşamada gereken önemin gösterilmesiyle mümkündür (Göy ve Gül 1987).

Yemek pişirme esnasında gıdalara ısı transfer ortamı sağlayan yağlar onlara hoş tat, renk, koku ve arzu olunan tekstürü verirler. Tüm bu nedenlerden ötürü yağlar gerek mutfaklarımızın gerekse gıda üretim tesislerinin büyük bir kısmının vazgeçilmez bir teknolojik ögesi olmuşlardır (Karaali 1987).

Yağlar çok farklı şekillerde tüketilebilmektedir. Dünya çapında bir genelleme yapıldığında katı ve sıvı yağların büyük bir kısmının kızartılmış gıdaların hazırlanmasında kullanıldığı görülmektedir. Dünyada hızlı nüfus artışı, ekonomik koşulların güçleşmesi, aşırı kentleşme ve aynı zamanda vakitten kazanmak gibi nedenler ucuz ve çabuk hazırlanan yiyeceklerin tüketiminde ciddi artışa yol açmıştır (Karaca ve ark. 1984). Bunun sonucunda başta kızartılmış gıdalar olmak üzere hazır gıdaların üretim miktarları ve çeşitleri de artmaktadır. Patates cipsi başta olmak üzere çeşitli patates ürünleri, tavuk, balık, ve mısır cipsini de ihtiva eden bu gıdaların bir çoğu yağda kızartma ile hazırlanmaktadır (Smith ve ark. 1985).

Sağlığa zararlı etkilerine rağmen kızarmış atıştırmalık gıdalar tüketiciler arasında popülerliğini korumaktadır. Bunun en önemli nedeni ise kızartma işlemi ile elde edilen duyuşal özelliklerin emsalsiz olarak nitelendirilmesi ve başka hiçbir pişirme yöntemi ile böyle bir sonucun elde edilememesidir. Özellikle patates cipsi Amerikan tarzı beslenmede oldukça popüler bir gıda ürünü olmaya devam etmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda Amerika

Birleşik Devletlerinde patates cipsi tüketiminin kişi başına düşen ortalama miktarının yaklaşık 13,6 kg olduğu açıklanmıştır (Ebersole 2003).

Fast-food sanayinin temelini diğer pişirme yöntemlerine göre kısa sürede yemeye hazır lezzetli gıdalar elde etmeyi sağlayan kızartma işlemi oluşturmaktadır. Kızartma işlemi ile zaman tasarrufunun yanı sıra küçük porsiyonlar halinde hazırlanma olanağı sağlandığından israf miktarı da azaltılabilmektedir (Gerde ve ark. 2007).

Türkiye’de de beslenme alışkanlıkları arasında gıdaların kızartılarak tüketimi oldukça önemli bir yer tutmakta ve kızartmaların hazırlanmasında genellikle bitkisel sıvı yağlar kullanılmaktadır (Göy ve Gül 1987). Ülkemizde üretilen sebzelerin büyük bir kısmı, özellikle taze olarak temin edildikleri yaz aylarında kızartılarak tüketilmektedir. Aile mutfaklarına özgü olan bu usule geniş çapta lokantalarda, hazır gıda satışı yapılan ve toplu beslenmenin söz konusu olduğu tüm kuruluşlarda rastlanmaktadır (Alım 1977).

Kızartma var olan en eski pişirme yöntemlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Varela ve ark. 1988). Kızartma işleminin, çok büyük miktarlarda gıdanın hazırlanmasında kullanılan bir metot olduğu gerçeğine rağmen, birçok kesim tarafından bir bilim yada teknolojiden çok bir sanat olduğu savunulmaktadır (Blumenthal 1991).

Kızartma işlemi ısı ve kütle (yağ, su ve besin öğeleri) transferini kapsayan, fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişimlerle sonuçlanan karmaşık bir işlemdir (Vitrac ve Bohuon 2004). Bu değişimlerin çoğu yağ sıcaklığına, ürünün su içeriğine, yağ içeriğine ve ürünün kızartıcıdaki dayanma süresine bağlıdır.

Isı transferi yağdan gıda maddesine doğru gerçekleşir. Bu sırada gıdada nişastanın jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, suyun buharlaşması ve kabuk oluşumu söz konusudur. Kütle transferi ise yağın ürün içerisine hareketi, ürün yapısındaki suyun buhar formunda yağa geçişi ile karakterize edilir. Su kaybı ve yağ geçiş oranlarını açıklamak üzere çok çeşitli kuramlar öne sürülmektedir (Gamble ve ark. 1987, Kozempel ve ark. 1991).

Kızartma, gıdaların tat ve tüketilebilirlik kalitesini geliştirmek amacı ile uygulanan bir temel işlem olarak tanımlanabilir. Bu işlem sırasında uygulanan yüksek sıcaklık nedeniyle, gıda maddesinin yüzeyindeki, hatta dilimlenmiş formda olması halinde tüm kitlesindeki su buharlaştırılabilmekte, dolayısıyla mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonları da büyük ölçüde sağlanmaktadır. Bu nedenle de kızartmanın gıdalar üzerinde koruyucu etkisi olduğunu söylemek mümkündür (Kayahan 2002b).

Kızartılacak gıda sıcak yağın içine daldırıldığında, yüzey sıcaklığı hızla yükselir ve içerdiği su buharlaşarak gıdadan uzaklaşmaya başlar. Ancak kısa bir süre sonra, aynen fırınlama işleminde olduğu gibi, gıdanın yüzeyinde oluşan kuruma sonucu, içe doğru ilerleyen

bir kabuklaşma meydana gelir. Bundan sonraki aşama ise, gıdanın yüzey sıcaklığı, içinde bulunduğu yağın sıcaklığına kadar yükseldiği aşamadır ki; burada ısı transfer oranı, gıda ile yağ arasındaki sıcaklık farkına ve kızartılan gıdanın ısı transfer katsayısına bağlıdır (Kayahan 2002b).

Yüksek sıcaklık dereceleri hızlı ısı transferine ve birkaç dakika gibi kısa pişirme sıcaklıklarına olanak sağlar. Ancak ürün içerisindeki sıcaklık atmosferik basınçta 100-103°C'yi geçmemektedir (Valera 1988).

Bir gıda maddesinin tam olarak kızarmış bir ürüne dönüşebilmesi için gerekli optimum süre; gıdanın tipi, yağın kızartma sırasındaki sıcaklığı, kızartma yöntemi (sığ yada derin), gıda maddesinin dilim kalınlığı, lezzet ve kalite açısından beklenen değişiklik düzeyi gibi etkenlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Kayahan 2002b).

Kızartma işlemi ile gıdanın lezzetinin tüketilebilirliğinin tamamen değiştirilmesi amaçlanmaktadır. Kızartma yağının yüksek sıcaklığı, kızartılan gıda ürününe göre belirlenen tekstürel özelliklerin oluşumunun yanında indirgen şekerlerin ısıtılması ile meydana gelen yüzeyde arzu edilen kahverengin gelişimini sağlayan karamelizasyon olarak adlandırılan bir karmaşık reaksiyonlar serisinde de rol oynamaktadır (BeMiller ve Whistler 1996).

Isı transferindeki farklılıklar esas alındığında, kızartma yöntemlerini temaslı ve derin kızartma olmak üzere iki grup halinde incelemek mümkündür.

Temaslı (sığ) kızartma yönteminde, birim hacme düşen yüzey alanı büyük olan kızartma sistemlerinden yararlanılmaktadır. Ayrıca temaslı kızartma yönteminde ısıtma yüzeyinden gıda yüzeyine olması gereken ısı transferi, ince bir yağ tabakası aracılığıyla sağlansa da, ortamdaki ısı transferinin hemen tümü kondüksiyon yolu ile oluşmaktadır. Ayrıca bu tip kızartmada kullanılan yağ tabakasının kalınlığı, kızartılacak materyal yüzeyinin ısıtıcı yüzeyle yapabildiği temas oranına bağlı olarak değişir. Bu oranın etkisini, işlem sonunda gıda maddesinin yüzeyindeki düzensiz esmerleşmelerden bir dereceye kadar saptamak mümkündür (Kayahan 2002b).

Derin kızartma yönteminde ise, ısı transferinin yağ içinde konveksiyon ve gıda maddesinde kondüksiyon yolu ile oluşmaktadır. Bu yöntemde kızartılan gıda yüzeyi, yağ tarafından tümüyle sarıldığı için, ısı transferi her noktada eşittir ve kızartma işlemi tek düze olarak gerçekleşmektedir. Derin kızartma tekniğinin her çeşit ve formdaki gıdaya uygulanabilme özelliği söz konusudur (Kayahan 2002b).

Derin yağda kızartma, 150-200°C sıcaklık derecelerindeki yenebilir katı veya sıvı yağda gıdaların daldırılması prensibine dayanan bir pişirme yöntemi olarak tanımlanabilir (Yamsaengsung ve Moreira 2002). Birçok katı ve sıvı yağ türü kızartma işleminde

kullanılabilmektedir. Kızartma işleminde kullanılan yağlar kızartılan gıdaların bir parçası haline gelmesi nedeniyle kızartılan gıdaların kalitesi açısından kızartma yağının kalitesi büyük önem taşımaktadır (Kochhar 2001).

Derin yağda kızartılan ürünler gün geçtikçe gıda endüstrisinde, restoranlarda, evlerde daha yaygın hale gelmektedir. Ticari restoranlardaki öğle ve akşam yemeği siparişlerinde neredeyse yarısının, bir veya daha fazla derin yağda kızartılan öğenin yer aldığı tahmin edilmektedir (Lalas ve Dourtoglou 2003).

Yağlar stabil ürünler değildir, çeşitli dönüşümlere uğramaktadır. Sıcaklık, ışık, oksijen varlığı, doymamışlık derecesi, antioksidant içerip içermemesi gibi bir çok faktör yağların tüm performansını ve meydana gelen değişimleri etkilemektedir (Andrikopoulos ve ark. 2002).

Kızartma işlemi sırasında yağlarda meydana gelen başlıca kimyasal olaylar hidroliz, oksidasyon, polimerizasyon, izomerizasyon şeklinde özetlenebilir (Dobarganes ve ark. 1988, Romero ve ark. 1998). Bu reaksiyonların yoğunluğu da yine kullanılan yağın tipine ve özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Dobarganes ve ark. 1988).

Derin kızartma sırasında yağ hava ve nem varlığında yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmaktadır. Bu yüksek ısıdan dolayı kızartma sırasında hidroliz, oksidasyon, doymamış yağ asitlerinin polimerizasyonu vb. olmak üzere çeşitli kimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bu reaksiyonlar sırasında ve sonucunda oluşan parçalanma ürünleri uçucu ve uçucu olmayan bileşikler ihtiva ederler. Kızartma sırasında buhar distilasyonu aracılığı ile uçucu bileşiklerin büyük bir kısmının yok olmasına karşın, bir kısmı yağda kalmakta ve kızartılan gıda tarafından alıkonulmaktadır. Uçucu olmayan parçalanma ürünleri, kızartma ortamında mevcut doymamış yağ asitlerinin polimerize olmaları ve ısıl oksidasyonu sonucu şekillenirler. Bu bileşikler sadece kızartma yağında kalmayıp, aynı zamanda kızartılan gıda tarafından da absorbe edilerek tüketicinin diyetine dâhil olurlar. Kızartma yağının üst üste kullanılması kızartılmış gıdanın lezzetini, rengini ve tekstürünü hissedilir bir şekilde etkileyebilmektedir. Yağ da aynı zamanda dumanlanma, renk, viskozite ve köpüklenmenin artması ile birlikte, serbest yağ asitlerinin, hidroperoksitlerin, karbonil ve yüksek molekül ağırlıklı polimerize bileşiklerin meydana gelmesiyle sonuçlanan birtakım fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğrayabilmektedir. Eğer yağ çok kötü kullanılmış ise, yağın besleyici değeri ve toksisitesi de aynı zamanda etkilenebilmektedir (May ve ark. 1983, Stevenson ve ark. 1984a, Kim ve Kim 1986, Saleh ve ark. 1986).

Gıdaların kızgın yağlarda kızartılması esnasında bozulma ürünlerinin oluşumu ile sonuçlanan kimyasal reaksiyonların ilerlemesiyle birlikte yağın fonksiyonel, duyusal ve besleyici özelliklerinde değişimler meydana gelir. Nihayetinde öyle bir noktaya varılır ki,

artık yağ yüksek kaliteli kızarmış ürünlerin hazırlanması için uygun değildir ve bu yağların kullanım dışı olması gerekmektedir (Stevenson ve ark. 1984a, Lin ve ark. 2001).

Yağlarda oksidatif reaksiyonların bir sonucu olarak açık sarıdan kızıl kahve bir renge dönüşümle birlikte yağın viskozitesinde bir artış gözlenmektedir (Tan ve ark. 1985). Renk ve viskozitede meydana gelen bu değişim bozulma göstergelerinden biridir. Kızartma işlemi ilerledikçe renk koyulaşabilmektedir. Buna karşın, bu renk bileşiklerinin oluşum mekanizması tam olarak anlaşılmamıştır. Kızartılan gıdadaki renk değişiklikleri yağlarda da dağılmakta ve kızartma yağının rengini karartma eğilimi göstermektedir (Melton ve ark. 1994). Başka bir ifade ile gıda bileşenleri yağ ve yağların bozulma ürünleri ile Maillard kahverengileşme ürünleri gibi renk unsurlarını oluşturmak üzere reaksiyona girebilmektedir (Takeoka ve ark. 1997).

Isıtıldığı zaman yağlar koyulaşabilmekte ve daha viskoz bir hal almaktadır. Bu durumun polimerizasyon kadar oksidasyon hidroliz ve izomerizasyon nedeniyle meydana geldiği görülmektedir (Lin ve ark. 1998). Viskozitedeki bu değişim çok sayıda problemi de beraberinde getirdiğinden ciddi bir performans kusurudur. Kızartma işleminde yağ aslında bir ısı transfer ortamıdır. Yoğunluk artışı ile birlikte ısı transfer oranı düşmekte, ürünü pişirmek ve istenen rengi sağlamak daha uzun zaman almakta bu da yağ absorpsiyonunu arttırmaktadır (McGill 1980). Bu durum bitmiş ürünü de etkilemekte, özellikle ürünün yağ içeriğinin ağırlıkça %30-40'lara varmasına neden olmaktadır (Paradis 1993).

Kullanılmış kızartma yağlarının ne zaman dökülmesi gerektiğine karar vermek için çeşitli deneysel kriterler kullanılmaktadır. Restoranlarda kızartma yağının atma kararı genellikle subjektif olarak ölçülen fiziksel değişikliklere bağlıdır. Kızartma ortamının rengi, köpük yüksekliği, duman ve kokusu ve kızarmış ürünün lezzeti, kokusu, yağlılığı genellikle bu durumlarda kullanılan kriterlerdir. Bununla birlikte, bu kriterler her zaman güvenilir olmayıp, bozulmuş bir yağın üst üste kullanılma tehlikesi ile karşılaşılabilir (Fritsch ve ark. 1979, Stevenson ve ark. 1984a, Kim ve Kim 1986).

Derin yağda kızartma proseslerinin kontrolü gıda endüstrisinde hayati önem taşımaktadır. Çünkü bozulma ürünleri zamanla yağ kalitesinde kayıplar meydana getirirken insan sağlığına zarar verebilmektedir (Gerhard 2000, Stier ve ark. 2004).

Kullanılmış kızartma yağlarının kalite takdirinde basit ve objektif metotlara sahip olmak gıda endüstrisi ve gıda düzenleme kurumları için oldukça önemlidir. Gıda endüstrisi açısından bakıldığında bir kızartma yağının daha fazla kullanım için uygun olup olmadığı noktanın karar verilebilmesindeki yeterlilik belirgin düzeyde ekonomik yararlar sağlayabilmektedir (Aguilera ve Gloria-Hernandez 2000). Bunun yanında bazı metotlar bu



yağların son ürünlerinin besleyici özellikleri ve güvenilirliği hususunda bilgi sağlayacaktır (Clark ve Serbia 1991). Derin yağda kızartma işleminin doğası gereği kullanımına devam edilen pişirme yağlarının bazı niteliklerinde kademeli olarak bozulmalar meydana gelir (Paul ve Mittal 1996a, 1996b). Yağların kalitesini belirlemede hangi yöntemin en iyi gösterge olacağı konusunda henüz kesin bir karar verilememiştir. Hazır gıda endüstrisi yağ stabilitesi hakkında fikir sahibi olmak için kimyasal bir gösterge olarak ürünlerin üretiminden tüketiciye ulaşma aşamalarındaki % serbest yağ asidi içeriğini (FFA) kullanmaya yönelmiştir.

Serbest yağ asitleri, gıdanın yapısındaki nem oranına bağlı olarak ilerleyen yağın hidrolitik değişimi sırasında oksidasyonun son ürünleri olarak üretilmektedir (Fritsch 1981). Buna bağlı olarak yağın serbest yağ asidi içeriği artmaktadır. Enzim ve katalist yardımıyla su varlığında gerçekleşen bu reaksiyon hidrolitik ransidite olarak da adlandırılmaktadır (Nas 1990). Trigliseritlerin ayrışma ürünleri olarak piroliz, hidroliz ve oksidasyon sırasında meydana gelen serbest yağ asitleri genellikle titrasyon yöntemi ile belirlenmektedir. Bu sırada oksidasyonla oluşan asitlerle hidroliz sırasında oluşan asitler birbirinden ayırt edilememektedir. (Schultz 1962, Cossignani ve ark. 1998). Bu sebeplerle FFA içeriğinin titrasyon ile belirlenmesi kızartma yağlarının daha ileriki kullanımlar için uygunluğunu belirlemede kullanılamayacağı görüşleri de ortaya konmuştur (Fritsch 1981, Al-Harbi ve Al-Kahtani 1993). Halbuki FFA içeriği hidroperoksitlerin ileri bozunma ürünleri kadar, kızartma yağlarının bozulmasında en önemli göstergelerden biridir. Serbest hale geçen yağ asitleri, kızartma sıcaklıklarında termal oksidasyona daha duyarlıdır. Yağ asitlerinin oksitlenme ürünleri hidrolitik acılaşmaya bağlı olarak kızartma ortamına ve kızartılan gıdaya olumsuz bir tat ve koku verir (Nawar 1996, Lin ve ark. 1998). Bu nedenle FFA düzeyinin kabul edilebilir aralıkta tutulması yağların bozulmasını önlemede yarar sağlayacaktır (Stevenson ve ark. 1984a).

Patates cipsi ve benzeri endüstrilerde en çok ilgi çeken özellikler arasında FFA içeriği, viskozite, bitkisel pişirme yağlarındaki renk değişimi kadar hidroperoksitlerin oluşumu ve bozulması ve 160°C'nin üzerine çıkılan sıcaklıklarda polimerizasyon yoluyla karmaşık serbest radikal oluşumlarıdır (Blumenthal 1991). İnsan vücudu için zararlı bu son ürünler kullanılmış kızartma yağlarının reddedilmesini gerektirmektedir (Clark ve Serbia 1991, White 1991). Peroksit oluşumu katı ve sıvı yağlarda kalite takdirinde kullanılan kimyasal bir ölçüdür. Ancak bu değer yağlarda oksidasyonun ilk aşamaları için bir göstergedir (O'Brien 1998). Peroksitler kızartma koşullarına dayanıksız ürünlerdir ve ileri bozunma ürünlerine dönüşmektedir. Kızartma işleminin ilk basamaklarındaki artışı, ilerleyen ısıtma işlemleriyle birlikte bir azalmanın takip etmesi beklenir. Bunun nedeni bu bileşiklerin 180°C'de sekonder

oksidasyon ürünlerini oluşturmak üzere bozulma eğilimi göstermesidir (Perkins 1967). Kızartma sonrası yağlarda tespit edilen peroksit değerlerindeki artış tamamen soğutma periyodu ile alakalıdır. Kızartma işlemi bittikten sonra yağın oda sıcaklığına kadar soğuması (yaklaşık 25°C) için gereken zaman 4 saatten fazladır. Soğutma periyodunca yağların yüksek sıcaklıklarda havaya maruz kalmasıyla birlikte hidroperoksitler yeniden oluşmaktadır (Augustin ve Berry 1998).

Yağların oksidatif stabilitesinin diğer bir ifadeyle oksidasyona karşı dayanıklılığının belirlenmesinde en uygun ölçüt, çok hızlı gerçekleşen oksidasyon aşamasına kadar geçen zamandır (Wagner ve Elmadfa 1999). Aynı zamanda indüksiyon periyodu olarak bilinen ve Ransimat metodu kullanılarak ölçülen bu süre devam eden kızartma uygulamaları süresince yağın direncindeki değişiklikleri takip etmek daha doğru sonuçlar vermektedir (Tsaknis ve ark. 1999).

Gerçekte her bir kızartma yağının yağ asidi kompozisyonuna bağlı olarak oksidasyona karşı karakteristik bir stabilitesi vardır. Yağ asidi kompozisyonu ile yağların depolama ve kızartmada gösterdiği stabilitenin ancak yarısı açıklanabilmektedir. Diğer yarısı tokoferol, sterol vb. minör bileşenlerin türü ve miktarı ile bağdaştırılmaktadır (Normand ve ark. 2001). Bitkisel yağlar hidrokarbonlar, steroller, tokoferoller, polifenoller, renk bileşikleri ve iz metaller gibi çeşitli minör bileşenleri içermektedirler. Bu bileşenlerden bazıları örneğin tokoferoller ve tokotrienoller (bilhassa  $\gamma$ - tokoferol), fosfolipitler (100mg/kg dan az seviyede), karotenoidler (düşük düzeylerdeki), squalen ve bazı steroller kızartma işleminde yağ stabilitesine katkıda bulunurlar (Kochar 2001). Tokoferollerin ve tokotrienollerin antioksidant aktivitesinin tam anlamıyla takdir edilmesi zordur. Bu aktivite çoğunlukla konsantrasyonlarına, substrat olarak kullanılan yağların çeşitlerine ve değerlendirme yöntemine bağlı olarak etkilenmektedir (Yoshida ve ark. 1993).

Tokoferoller, bitkisel yağlarda iz miktarlarda bulunmaları nedeniyle, doymamış yağ asitli trigliseritlerin oksidasyonunu önlemede bir dereceye kadar etkilidirler. Yağda çözünen E vitamininin aktivitesi tokoferollerce sağlanmaktadır (Chow Ching 1985). Pişirme, kızartma gibi işlemler süresince doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu paralelinde okside olan tokoferol kayıpları nedeniyle E vitamini aktivitesi de azalmakta, hatta kaybolmaktadır (Fillion ve Henry 1998).

Yağların oksidasyon stabilitesi üzerine etkili minör bileşenlerden biri de fenolik bileşiklerdir. Özellikle zeytinyağlarında önemli bir kriter olan fenolik bileşikler zeytinlerin karakteristik keskin tadı ile sıkı sıkıya bağlantılı iken gösterdikleri antioksidant özellikler sayesinde yağın oksidasyona direncini arttıran bileşenler arasında yer alır (Boskou 1999).

İlerleyen kızartma uygulamalarıyla birlikte kızartma yağlarının yağ asidi kompozisyonunda sürekli bir değişim gözlemlenmektedir. Bu değişim daha çok işlem koşullarınca teşvik edilen reaksiyonlardan kaynaklı olup kızartılan üründen geçen yağ da yağ asidi profilini etkilemektedir (Xu ve ark. 1999). Bir yağın kızartma koşullarına maruz bırakıldığında nasıl bir tutum sergileyeceği başlangıç yağ asidi profilinden tahmin edilebilir (Warner ve Mounts 1993).

Termal oksidasyon ya da diğer bir ifadeyle kızartma işlemi sırasında trigliseritlerin yağ asidi kompozisyonunda belirlenen en dikkat çekici değişimlerden bazılarını şu şekilde açıklamak mümkündür;

Kızartma işlemi sırasında trigliseritlerin yağ asidi kompozisyonunda belirlenen en önemli değişimlerden ilki doymamış yağ asitleri içeriğindeki azalmadır (Al-Harbi ve Al-Kahtani 1993, Marquez-Ruiz ve Dobarganes 1996, Albi ve ark. 1997, Romero ve ark. 1998). Doymamışlık düzeyindeki artışla beraber oksidasyon daha da artmakta olup, kızartma işlemi süresince doymuş yağ asidi artarken doymamış yağ asidi içeriği azalmaktadır. Termal oksidatif bozulma çoklu doymamış yağ asitlerini içeren yağlarda, doymuş yağ asitlerini içeren yağlardan daha fazla ve daha hızlı gerçekleşmektedir (Fiellietaz ve ark. 1985, Berger 1986). En yüksek linolenik asit içeriğine sahip yağ bozulmaya daha meyillidir. Bu açıdan bakıldığında linolenik asit içeriğini azaltmak kızartma yağının oksidatif stabilitesini arttırmada etkili olacaktır (Warner ve Mounts 1993). Kızartma yağları genelde önemli miktarlarda oleik ve linoleik asitler ihtiva ederler. Bu doymamış yağ asitleri, derin yağda kızartmada yüksek ısı derecelerinde meydana gelen kimyasal reaksiyonlara verimli bir ortam sunmaktadırlar (Perkins 1967, Stevenson ve ark. 1984a).

Oksidasyon derecesine bağlı olarak, bileşimdeki doymamış/doymuş yağ asitleri oranı düşerken, diğer yandan da linoleik asit gibi biyolojik aktivitesi yüksek esansiyel yağ asitleri miktarında büyük kayıplar ortaya çıkabilmektedir (Kayahan 2002).

Heptanoat ve oktanoat olarak adlandırılan kısa zincirli yağ asitli trigliserit oluşumları kızartma işlemi sırasında meydana gelen değişimlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Peers ve Swoboda 1982, Marquez-Ruiz ve Dobarganes 1996). Kızartma koşullarındaki yüksek sıcaklık ve basıncın etkisiyle esas uçucu bileşikler yağdan uzaklaşırken uçucu olmayan kısa zincirli asitler trigliseritlere tutunmakta ve oksidasyon ara ürünleri olarak kalmaktadırlar. Heptanoik ve oktanoik asit niceliklerinin trigliseritlerin oleik ve linoleik asit kısımlarının oksidasyonu sırasında biçimlendiği ve trigliserit yapısına katıldığı bilinmektedir. Doğal trigliserit yapısında oktanoat ve/veya heptanoat içermeyen yağlarda oksidatif bozulmanın takdirinde bir ölçü olarak kullanılmaktadır (Peers ve Swoboda 1982, Marquez-

Ruiz ve Dobarganes 1996).

Diğer önemli bir değişim ise *trans* izomer oluşumu ve içeriklerinde artıştır (Sebedio ve ark. 1996, Albi ve ark. 1997). Kızartma işlemi *trans* yağ asitlerinin bir kaynağı olarak düşünülmektedir. Hâlbuki gıdalarda bulunan *trans* yağ asitlerinin büyük bir kısmı işlemin kendisinden değil, işlemde kullanılan yağdan kaynaklanmaktadır. *Trans* yağ asitlerinin, en azından elaidik (*trans* oleik) asidin yüksek miktarlarda tüketildiğinde serum lipoproteinleri ve apolipoproteinleri üzerine olumsuz etkilere sahip oldukları belirlenmiştir (Mensink ve Katan 1990, Zock ve Katan 1992). Karşı bir görüşte ise daha düşük düzeylerdeki *trans* yağ asitleri dâhi sağlığa zararlı olarak gösterilmemiştir (Nestel ve ark. 1992). Çünkü linoleik asit izomerleri araşidonik asit izomerlerine dönüşmekte ve yağ bileşimine katılmaktadır. Bu izomerler ise elaidik (*trans* oleik) asitten daha kritik bileşenlerdir. Üstelik hayvanlar üzerinde gerçekleştirilen denemelerde bu bileşiklerin bazı fizyolojik etkilere sahip olduğu görülmüştür (Sebedio ve Chardigny 1996). Kızartma işleminin çoklu doymamış *trans* yağ asitlerinin bir kaynağı olduğu ileri sürülmektedir (Sebedio ve ark. 1987). Pozo-Diez (1995), zeytinyağı veya yüksek oleik asitle ayçiçeği yağındaki patates kızartması süresince elaidik asit oranının arttığını ortaya koymuştur.

Gerçekte *trans* yağ asitleri katı ve sıvı yağlarda uygulanan ısıl işlemlerin bir sonucu olarak insanların günlük beslenmelerinde yer almaktadır. Ancak, kızartma işleminin *trans* yağ asitleri için önemli bir kaynak olmadığı ya da konu ile ilgili olarak kızartma işlemi üzerinde durulması konusunda bir mutabakat yoktur. Çoğu işlenmemiş gıdalarda *trans* yağ asitlerinin oranı yok sayılabilecek kadar düşük düzeydedir. Ancak margarin, şortening ve kızartma yağları üretimi amaçlı yağların kısmi hidrojenasyonu sırasında bazı *cis* yağ asitleri *trans* izomerlere dönüşmektedir (Hunter ve Applewhite 1991). Ticari kızartma ve pişirme yağları belirgin miktarlarda *trans* yağ asitlerini içermektedir. Bunun sonucu olarak da fırıncılık ürünleri, kızarmış atıştırmalık gıdalar (patates cipsi ve donut) ve kızartılan fast-food ürünler (kızarmış tavuk, balık vb.)’de belirgin düzeyde *trans* yağ asitlerini içermektedir (Enig ve ark. 1990, Hunter ve Applewhite 1991). Kızartılan gıdaların günlük besinlerin önemli bir bölümünü oluşturduğu ifade edilebilir. Yapılan bir çalışma göstermiştir ki; kızartma prosesi süresince sürekli olarak taze yağ ilavesi yağ asidi değişimlerini minimize etmektedir. Bunun sonucunda daha düşük miktarlarda *trans* yağ asidi içeren kızarmış gıdaların elde edilmesi sağlanmaktadır.

Stabilite, fiyat ve besleyici özellik gibi nitelikler göz önünde bulundurulması gerektiğinden kızartma işleminde kullanılacak yağın seçimi zordur. Bununla birlikte günümüzde kızartma işlemlerinde kullanılan katı ve sıvı yağların sahip olması gereken

niteliklerden bazıları Kayahan (2002b) tarafından Çizelge 1.1'deki gibi özetlenmiştir.

**Çizelge.1.1.** Kızartma yağlarının taşınması gereken bazı özellikler (Kayahan 2002b)

<b>Nitelikler</b>	<b>Değerler</b>
Renk	Sıvı yağlarda açık sarı, katı yağ fazı içeren kıvamlı yağlarda beyaz
Koku	Oksidasyon sonucu oluşan iğneleyici özellikteki acılık tadı ve kokusu bulunmamalıdır
Serbest asitlik (%)	% 0,1'den az olmalıdır
Peroksit sayısı (meq O <sub>2</sub> /kg)	1'den az olmalıdır
Polimer bileşikler yükü (%)	En çok % 1 olmalıdır
Dumanlanma noktası (°C)	Mutlaka 200°C'nin üzerinde olmalıdır

Çizelge 1.1'de verilen bu niteliklere ek olarak, kızartma işleminde kullanılacak yağların hiç laurik asit içermemesi ve linolenik asit içeriğinin % 2'yi aşmaması gerekmektedir. Çizelge 1.2'de gösterildiği gibi, polar bileşikler yükünün % 27'yi, serbest yağ asitliğinin % 2,5'i (bazı görüşlere göre % 4,5'i) aşması ve dumanlanma noktasının 170°C'nin altında olması halinde, bu yağın hiçbir şekilde kızartma işlemlerinde kullanılmaması gerektiği de ilaveten vurgulanmaktadır (Kayahan 2002b).

Avrupa ülkelerinde kızartma işleminde kullanılacak yağların nitelikleri daha 1970'li yılların başında belirlenmiş ve bu nitelikler Çizelge 1.2'de verilmiştir.

**Çizelge 1.2.** Avrupa ülkelerinde kızartma yağları için saptanan nitelikler (Kayahan 2002b)

<b>Nitelikler</b>	<b>Değerler</b>
Ürüne kötü tat ve koku kazandırmayacak	-
Serbest yağ asitliği	< % 4,5
Dumanlanma noktası	> 170 °C
Polimer bileşikler yükü	< % 10
Polar bileşikler yükü	< %27
Oksi asit yükü	< % 0,7

Konu ile ilgili çalışmalar sırasında bazı görüş ayrılıklarına da rastlanmaktadır. Baltes (1975), kızartma amaçlı kullanılacak yağlarda termik oksidasyona karşı dayanıklılığı, en önemli kalite faktörlerinden biri olarak nitelendirip, bu yağlarda dumanlanma noktasının 210°C'nin üzerinde olması gerektiğini belirtmiştir. Buna karşın, Arens ve ark. (1977)'na göre, yağda dumanlanma noktasının 170°C'nin altına düşmesi, petrol eterde çözünmeyen oksiyag asit içeriğinin %0,7 ve üzerindeki bir değere ulaşması halinde yağlar bozulmuş olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca toplam polar madde miktarının %27, oksiyag asit içeriği %1'e varan yağlar da bozulmuş olarak tanımlanmaktadır (Arens ve ark. 1977, Guhr ve Waibel

1978). Aynı şekilde Nagy (1976) tarafından yapılan kızartma denemeleri sonunda, oksiyag asit içerikleri %0,7 sınırına ulaşmış yağların %95,1'nin duysal testlerde bozulmuş olarak nitelendirildiği bildirilmiştir.

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın 28 Ağustos 2007 tarihli resmi gazetede yayınlanmasıyla birlikte "Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği" yürürlüğe girmiştir (Tebliğ No: 2007/41). Böylece gıda maddeleri üretim, satış ve toplu tüketim yerlerindeki kızartma işlemlerinde kullanılmakta olan katı ve sıvı yağların resmi kontrol ve denetimlerindeki bazı fiziksel ve kimyasal kriterleri belirlenmiştir. Buna göre, kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların polar madde değerleri maksimum %25 ve dumanlanma noktasının 170°C'nin üzerinde olması istenmektedir.

Bu özellikler dışında kızartma işlemlerinde kullanılacak yağlar için en düşük indüksiyon periyodunun, Ransimat metodu ile ölçülmesi halinde, 100°C'de 30 saatten, ya da aktif oksijen metodu ile 97,8°C'de ölçülmesi halinde 60 saatten fazla olması istenmektedir (Kayahan, 2002).

Başta evlerimizde toplu tüketim yerlerinde olmak üzere birçok yerde karşımıza çıkan yağlar bilinçsizce kullanıldığında halk sağlığı açısından büyük tehlike oluşturmaktadır. Kısa vadede bir sorunla karşılaşılması her şeyin kusursuz olduğunu ifade etmez. Endüstrileşen dünyaya ayak uydurmak adına değişen beslenme alışkanlıkları bol kalorili ve yüksek yağ içeriğine sahip fast-food ürünlerin ön plana çıkması başta obezite, tansiyon ve kalp damar hastalıkları gibi birçok hastalığın başlıca kaynağını oluşturmaktadır. Yağların defalarca hatta yanmış hallerde kullanımı sonucunda kansere kadar varan hastalıklar ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, derin yağda kızartma işleminde, ev tipi fritöz ve patates dilimleri kullanılarak, bazı bitkisel sıvı yağların yağ asidi bileşimleri ile oksidatif stabilitelerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Gerde ve ark. (2007), 7,2 L'lik yağ ve 0,225'şer kg'lık porsiyonlardaki patatesleri kullanarak her saat başı, günde 6 saat ve 23 gün boyunca ticari uygulamalara benzer bir biçimde gerçekleştirdikleri kızartma denemelerinde, *trans* yağ asidi içermeyen farklı linolenik (C<sub>18:3</sub>) asit içeriklerine sahip soya yağlarının performansını incelenmişlerdir. Bu soya yağları ultra düşük linolenik asitli (%1,5-ULL), düşük linolenik asitli (%2,6-LL) ve standart linolenik asitli (%5,3) şeklinde tanımlanırken linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit içeriklerinin neredeyse aynı olduğu belirtilmektedir. 23. gün sonunda, bu farklı özellikteki soya yağlarının linolenik (C<sub>18:3</sub>) asit oranlarının sırasıyla %0,9; %1,7; %3,4'e düştüğü ifade edilmiştir. Başlangıçta linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit oranları yine aynı sırayla %56,6; %56,4; %53,7 iken, 23. günün sonunda %43,5; %44,2; %40,6 oranlarına kadar düştüğü de belirtilmiştir. Diğer taraftan, palmitik (C<sub>16:0</sub>), stearik (C<sub>18:0</sub>) ve oleik (C<sub>18:1</sub>) asit oranlarında ise artışlar meydana geldiği belirlenmiştir. Söz konusu değişimler kızartma işleminin başlangıç günlerinde daha hızlı iken, 9. günden sonra bu değişimlerde bir yavaşlama görülmüştür. 14. güne kadar % serbest yağ asitliği değerlerindeki değişimlerde yağlar arasında farklılık saptanamazken, 14. gün sonrasındaki kalan kızartma işlemi süresince genellikle standart linolenik (C<sub>18:3</sub>) asitli soya yağında diğer soya yağlarına göre daha yüksek değerlere ulaşıldığı bildirilmiştir.

Patateslerin derin yağda kızartılmasında yüksek doymamış yağ asitleri/doymuş yağ asitleri oranlarına sahip zeytinyağı ve ayçiçeği yağlarını kullanan Rossi ve ark. (2007), kızartma işlemi sırasında yüksek linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit içeriğine sahip ayçiçeği yağının daha çabuk bozunduğunu bildirmişlerdir. Bu durum oleik (C<sub>18:1</sub>) asitte meydana gelen oksidasyon oranının, linoleik (C<sub>18:2</sub>) asitteki oksidasyon oranlarının çok altında olması ile açıklanırken; yağların oksidatif stabilitelerinin tokoferol ve tokotrienollerin miktar ve çeşitlerine, yağ asidi kompozisyonlarına (özellikle çoklu doymamış yağ asidi dağılımı) bağlı olarak önemli düzeyde etkilendiği bildirilmiştir.

Chatzilazarou ve ark. (2006), 175°C'de, 100'er g porsiyonlarda patates ve balık fletoları ile 5 gün boyunca günde 2,5 saat ve her gün beşer kızartma olmak üzere belirli aralıklarla gerçekleştirdikleri derin yağda kızartma denemelerinde her biri 2 L olmak üzere sızma zeytinyağı, rafine prina yağı, mısır yağı ve karışım yağlarını (50/50 oranında sızma zeytinyağı/mısır yağı) kullanmışlar ve fizikokimyasal özelliklerindeki değişimleri takip etmişlerdir. Patates kızartılan mısır ve prina yağlarının peroksit değerlerindeki belirgin değişimler (P<0,05) yalnızca 8 saatlik kızartma sonrasında görülmeye başlanırken, sızma zeytinyağı ve karışım yağlarının peroksit değerlerinde 10. saatten sonra önemli düzeyde

artışlar ( $P < 0,05$ ) olduğu görülmektedir. Prina yağı dışındaki tüm yağların peroksit değerlerinin kızartma periyodunca arttığı, buna karşın prina yağının peroksit değerlerinin önce arttığı 6. saat sonrasında azaldığı bildirilmiştir. Balık filetolarının kızartılması durumunda ise peroksit değerlerinde sürekli bir artış bildirilmiştir. 10 saatlik kızartma sonrası her iki gıda için kullanılan yağların tümünde % serbest yağ asitliği değerlerinin ise arttığı görülmektedir. İşlem sonrasında tüm yağların çoklu doymamış yağ asidi miktarlarının azaldığı, doymuş yağ asidi miktarlarının ise arttığı tespit edilirken; özellikle balık filetoları kızartılan mısır yağının linoleik asit miktarlarındaki belirgin azalmaya dikkat çekilmektedir.

Ulusoy ve ark. (2005),  $180 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 32 saat boyunca 200 g soya yağını (ağartılmış, deodorize edilmiş, yalnızca sitrik asit içeren soya yağı) derin kızartıcıda yalnızca ısıtmış ve bileşimindeki değişimleri gözlemlemiştir. Soya yağının doymuş yağ asidi içeriğinde sürekli bir artış söz konusu olup palmitik asit ( $\text{C}_{16:0}$ ) oranının %10,3'ten %17,2'ye ve stearik asit ( $\text{C}_{18:0}$ ) oranının %4,4'ten %7,4'e yükseldiği belirlenmiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri oranlarının azalma eğilimi gösterdiği ve bunun sonucunda da linoleik asit ( $\text{C}_{18:2}$ ) oranının %52,1'den %35,2'ye, linolenik asit ( $\text{C}_{18:3}$ ) oranının ise %7,1'den % 2,4'e düştüğü saptanmıştır. Oleik asidin ( $\text{C}_{18:1}$ ) %25,6 olan başlangıç oranının küçük bir azalma ile 2. saat sonunda %24,5'e düştüğü, daha sonrasında ise sürekli bir artışla 12. saat sonunda %26,7'ye ve 32. saat sonunda ise %31,8 oranlarına kadar ulaştığı belirlenmiştir. Soya yağının yalnızca ısıtılması durumunda çoklu doymamış yağ asitlerindeki azalma eğilimine karşın tekli doymamış yağ asitleri ve doymuş yağ asitlerinin oransal olarak arttığı ifade edilmektedir.

Amerikan Diyetetik Birliği (Daniel ve ark. 2005) tarafından derin yağda kızartma işleminde patateslerde *trans* yağ asidi içeriğini düşürmek amacıyla kanola, soya gibi hidrojene yağlara alternatif olarak hidrojene edilmemiş pamuk tohum yağının kullanılabilirliği sorgulanmıştır. Bu çalışmada,  $177^\circ\text{C}$ 'de ~24 kg yağda günde 6 kez ve her seferinde 2'şer kg'lık dondurulmuş patateslerle 5 gün boyunca yapılan kızartma işlemi sırasında yağın bileşimindeki değişimler kaydedilmiştir. Pamuk yağında baskın doymuş yağ asidi olarak yer alan palmitik asit ( $\text{C}_{16:0}$ ) oranının kızartma işlemi sonucunda artması beklenirken (%18,35'den %9,55'e) 5 gün sonunda önemli düzeylerde azaldığı tespit edilmiştir. %2'nin altındaki stearik asit ( $\text{C}_{18:0}$ ) oranlarının da yine beklenilenin aksine azaldığı belirtilmiştir. Bunun yanında %16,65'lik oleik asit ( $\text{C}_{18:1}$ ) oranlarının lineer olmayan bir azalma ile %13,64'e; linoleik asit ( $\text{C}_{18:2}$ ) oranlarının ise %46,75 gibi yüksek bir düzeyden %22,52'lere kadar düştüğü bildirilmiştir. Linoleik ( $\text{C}_{18:2}$ ) asit oranlarındaki bu önemli düşüşe rağmen çoklu doymamış yağ asitleri oranlarında büyük bir değişim olmamasına (%55,96'dan %47,15) dikkat çekilmiştir. Başlangıçta pamuk yağında %0,1 olan toplam *trans* yağ asitleri oranlarının



1. günün sonunda %1,2 ve 5. gün sonunda ise %4,97 düzeylerine ulaştığı belirlenmiştir.

Rafine ayçiçeği yağı ve işlenmiş pirinç kepeği yağlarının (fiziksel ve/veya kimyasal rafinasyon) derin yağda kızartma işlemindeki performanslarını karşılaştırma amaçlı yapılan bir çalışmada (Krishna ve ark. 2005), 500'er g yağ kullanarak 100'er g ağırlığındaki Bhujialar (Hindistan'a özgü atıştırılabilir bir gıda) 3'er kez arka arkaya toplam 1 saat süreyle 180°C'de kızartılmıştır. Ayçiçeği yağının % serbest yağ asitliği değeri kızartma işlemi sonunda değişmeden kalırken, kimyasal ve/veya fiziksel rafinasyon yöntemleri ile rafine edilmiş pirinç kepeği yağlarında bu değer önemli değişimler göstermiştir. Diğer taraftan, ayçiçeği yağının 3,34 meq O<sub>2</sub>/kg olan peroksit değeri işlem sonucunda 12,50 meq O<sub>2</sub>/kg olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde pirinç kepeği yağlarında da bu artış görülmüştür.

Marmesat ve ark. (2005) çalışmalarında, 180°C'de 4 saat süreyle termal-oksidasyon koşullarına maruz bırakılan yüksek oleik-palmitik asitli ayçiçeği yağı ile palm olein yağının oksidatif stabilite indekslerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, yüksek oleik-palmitik asitli ayçiçeği yağı ile palm olein yağında 120°C'de 15,3 ve 12,6 saat olarak belirlenen işlem öncesi oksidatif stabilite indeksleri işlem süresince azalmış ve işlem sonunda 12,9 ve 4,4 saat olarak belirlenmiştir.

Ulusoy ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, 121°C'de, 1,1 atm. basınçta otoklavda içerisinde ürün pişirilmeksizin gerçekleştirilen 60 dakikalık ısıtma süresince rafine mısır, soya ve fındık yağlarında bazı değişimler incelenmiştir. Rafine mısır, soya ve fındık yağları için sırasıyla 0,37; 0,48 ve 0,17 meq O<sub>2</sub>/kg olan başlangıç peroksit değerleri, içerisinde ürün pişirilmemesine rağmen her üç yağda da artmış (P<0,05), işlem sonunda yine aynı sırasıyla 2,47; 2,50 ve 2,39 meq O<sub>2</sub>/kg olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte rafine soya yağının son peroksit değerinin yüksek olmasına rağmen oksidasyon oranının diğerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. İşlem öncesinde sırasıyla % 0,073; %0,033; %0,044 olan % serbest yağ asitliği oranlarının artarak işlem sonunda %0,083, %0,036, %0,047'ye yükseldiği ve bu artışın rafine mısır yağında daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Yağ asidi kompozisyonlarında ise belirgin değişimlere rastlanmayla birlikte, rafine mısır ve soya yağlarının linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarında önemli bir düşüş (P<0,05) saptanmıştır.

Maskan ve Bağcı (2003), ayçiçeği yağı kullanarak 170°C'de her biri 100 g ağırlığındaki patates örneklerini fritözde kızartmak suretiyle birer dakika aralıklarla yapmış oldukları 50 derin kızartma işlemi sonucunda; başlangıçta %0,17 olan % serbest yağ asitliği oranının 0. kızartma sonrası yaklaşık %0,19; 50.kızartma sonrasında ise %0,29'a yükseldiğini, başlangıçta 12,7 meq O<sub>2</sub>/kg olan peroksit değerinin ise kızartma süresince azalarak 10. kızartma sonrası 5,5 meq O<sub>2</sub>/kg, 50. kızartma sonrasında ise 4 meq O<sub>2</sub>/kg

düzeylerine kadar indiğini belirlemişlerdir.

Sızma zeytinyağı, rafine ayçiçeği yağı ve rafine yerfıstığı yağları kullanılarak hazırlanan model hamurlarının (1: 1,4 : 7 oranlarında yağ : su : kuvars kum) konvensiyonel ısıtma (230°C, 45 dak.) ve mikrodalga ısıtma (15 dak. 2450 MHz) yöntemleri ile pişirilmesi sonucunda yağların yağ asidi dağılımlarında meydana gelen değişimleri inceleyen Caponio ve ark. (2003)'nın elde ettiği sonuçlar şöyledir; sızma zeytinyağı, rafine ayçiçeği ve rafine yerfıstığı yağlarında %0,47; %0,15; %0,18 olan % serbest yağ asitliği değerleri, mikrodalga ısıtma ile pişirme sonunda %0,88; %0,99; %0,94 ve konvensiyonel ısıtma ile pişirme sonunda %0,76; %0,92; %0,85 şeklinde değişmekteyken, yine aynı sırayla 6,7 meq O<sub>2</sub>/kg; 2,3 meq O<sub>2</sub>/kg; 3,0 meq O<sub>2</sub>/kg olan peroksit değerleri mikrodalgada pişirme sonucunda 21,2 meq O<sub>2</sub>/kg; 42,7 meq O<sub>2</sub>/kg; 39,4 meq O<sub>2</sub>/kg ve konvensiyonel ısıtma sonunda 19,9 meq O<sub>2</sub>/kg; 41,8 meq O<sub>2</sub>/kg; 38,3 meq O<sub>2</sub>/kg şeklinde bir değişim göstermiştir. Isıtılmamış yağlarla karşılaştırıldığında, doymuş yağ asitleri toplamalarının üç yağda da neredeyse değişmeksizin kaldığı, toplam doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerindeki belirgin düşüş eğilimlerinin (P<0,01) birbirine benzerlikler arz ettiği bildirilmiştir. Oleik asit (C<sub>18:1</sub>) *trans* izomerleri sızma zeytinyağı, rafine ayçiçeği ve rafine yerfıstığı yağında sırasıyla %0,01; %0,01; %0,05 gibi düşük düzeylerde iken mikrodalga ısıtma sonunda %0,15; %0,34; %0,49, konvensiyonel ısıtma sonunda ise %0,14; 0,25; 0,32'lere kadar yükselmiştir. *Trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) ve *trans* linolenik (C<sub>18:3</sub>) aside zeytinyağında rastlanmazken, ayçiçeği ve yerfıstığı yağında %0,38 ve %0,04 olan bu *trans* yağ asitleri toplamaları mikrodalga ısıtma sonunda %0,61; %0,28 ve konvensiyonel ısıtma sonunda %0,49; %0,17 olarak belirlenmiştir. Yağ asidi kompozisyonundaki değişimlerde ısıtma yöntemleri kadar bu yağların başlangıçtaki yağ asidi bileşimlerinin de önemli düzeyde etkili olduğu bildirilmiştir.

Romero ve ark. (2003), taze patatesleri kullanmak ve taze yağ ilavesi yapılmak suretiyle 3L'lik yağda, günde 10 işlem olacak şekilde aralıklarla gerçekleştirilen 75 derin yağda kızartma işlemi sonrasında rafine yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı ve ekstra sızma zeytinyağının yağ asidi kompozisyonlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar işlem sırasında yağ ilavesi yapılmasına bağlı olarak başlangıç yağ asidi bileşimlerinde, rafine yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı hariç, önemli değişimlerin olmadığını belirlemişlerdir. Rafine yüksek oleik asitli ayçiçeği yağında ise linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarındaki önemli azalmaya dikkat çekilerek, bu yağ asidinin zeytinyağında %4,54'ten %4,24'e, yüksek oleik asitli ayçiçeği yağında ise %10,99'dan %10,03'e düştüğü belirlenmiştir.

Fyka ve Samah (2003), taze ve dondurulmuş formlardaki farklı gıdaları kullanarak (tavuk ve patates gibi) palm yağında gerçekleştirdikleri kızartma denemeleri sonucunda,

kızartma işlemi sırasında yağlardaki bozulmalara ön kızartma yapılmış dondurulmuş gıdaların taze gıdalara göre daha çok neden olduğunu belirlemişlerdir.

Fauziah ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, 180°C’de her biri 100 g olan taze patateslerin 6 dakikalık aralıklarla 8 saat/gün süreyle 5 gün boyunca (her gün %30 taze yağ ilavesi yapılarak) kızartılmasında her biri 11,5 kg’lık palm olein ve yüksek oleik asitli ayçiçeği yağlarını kullanmışlardır. Bu çalışma, 100°C’de ransimat metodu ile belirlenen indüksiyon sürelerinin kızartma işleminin ilerlemesiyle birlikte azaldığı, palm oleinde 43 saatten 19,4 saate, ayçiçeği yağında ise 23 saatten 5,25 saate ulaştığı belirlenmiştir. Sürekli yükseliş eğilimleri ile % serbest yağ asitliği değerleri palm oleinde %0,065’den %0,420’ye, ayçiçeği yağında ise %0,055’ten %0,370’ye ulaşmıştır. Yağ asidi bileşimlerindeki en önemli değişimin ise linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) içeriklerindeki azalmalar olduğu ve bu değerlerin palm oleinde %11,9’dan %10,4’e, ayçiçeği yağında %5,5’den %2,8’e azaldığı bildirilmiştir. Buna bağlı olarak (C<sub>18:2</sub>/C<sub>16:0</sub>) oranlarındaki düşüşlerin ayçiçeği yağında %49,29 ve palm oleinde %18,75 olduğu da belirtilmektedir.

Bitkisel sıvı yağlarda yağ asitleri genellikle *cis* formda bulunurlar, ancak çok az miktarlarda diğer bir ifade ile ihmal edilebilir düzeylerde *trans* formda yağ asitleri de bulunabilmektedir. Bu oluşumun sebepleri ise rafinasyon işlem aşamalarındaki yüksek sıcaklık ve basınç uygulamalarıdır. İnsan beslenmesine dahil olan *trans* yağ asitlerinin en önemli kaynağı ise kısmi hidrojenasyon işlemine maruz kalmış olan yağlardır (Kayahan, 2002).

Derin yağda kızartma ve sığ kızartma yöntemlerinin yağlarda meydana getirdiği değişimleri araştıran Andrikopoulos ve ark. (2002a), bitkisel shortening ve ekstra sızma zeytinyağı kullanarak 500’er g taze patatesi sepetli bir paslanmaz çelik tencerede 170°C’de 2’şer litre yağda 12’şer dakika süre ile yağ ilavesi yapmaksızın pişirirken; tavada kızartma işleminde ise 180°C’de 0,3’er L yağda 6’şar dakika süre ve ilk 6 kızartma süresince yağ ilavesi yapmak suretiyle pişirmiş ve bu işlemleri ara vermeden 10 kez tekrarlamışlardır. Taze yağlarda % serbest yağ asitliği değerleri ekstra sızma zeytinyağı ve bitkisel shorteningde %0,49 ve %0,14 olup derin yağda kızartma sonrası %0,71 ve %0,28 ve tavada kızartma sonrasında %0,88 ve %0,35 olarak belirlenirken tavada kızartma işleminde meydana gelen artışın daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Taze yağlarla karşılaştırıldığında peroksit değerlerinin ekstra sızma zeytinyağında derin yağda kızartma işleminde 9 kat, tavada kızartma işleminde 11 kat arttığı, bitkisel shorteningdeki artışların ise 10 kat ve 12 kat şeklinde gerçekleştiği görülmüştür. Ransimat metodu (120°C) ile ekstra sızma zeytinyağı için taze yağda 10,4 saat olarak belirlenen indüksiyon süresi, 5. ve 10. derin kızartma işlemi

sonrasında 8,2 saat ve 5,90 saat şeklinde bir azalma gösterirken, 4. ve 10. tavada kızartma işlemi sonrası 0,85 saat ve 0,02 saat olarak belirlenmiştir. Bitkisel shortening için taze yağda 3,4 saat olarak belirlenen indüksiyon süresi ise 10. derin kızartma işlemi sonrası 0,5 saat ve tavada kızartma sonrası 0,07 saat olarak saptanmıştır. Yağ asidi kompozisyonları işlem süresince nispeten değişmezken, en karakteristik değişim linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranlarındaki azalmalar olduğu ve bu azalmanın tavada kızartma işleminde daha belirgin gerçekleştiği belirlenmiştir. *Trans* izomer oluşumları ve oleik asitte ( $C_{18:0}$ ) sistematik bir değişim görülmediği bildirilmiştir.

Andrikopoulos ve ark. (2002b), sızma zeytinyağı, ayçiçeği yağı ve bitkisel shorteninglerde derin kızartma ve sığ kızartma işlemleri boyunca yağların doğal antioksidan içeriğindeki değişimleri inceledikleri çalışmada 450'şer g taze patatesi sepetli paslanmaz bir çelik tencerede 170°C'de 4'er litre yağ 10'ar dakika pişirme süreyle yağ ilavesinin olmadığı derin kızartma şartlarını kullanırken; tavada kızartma işleminde ise 175°C'de 0,15'er L yağda 6'şar dakika süre ve ilk 6 kızartma süresince yağ ilavesi yapıldığı şartlarda gerçekleştirmiş ve her iki yöntemde de 30 dakika soğutma yapılarak 8'er kez tekrarlamışlardır. Çalışmada sızma zeytinyağı, bitkisel shortening ve ayçiçeği yağı için sırasıyla taze yağlarda 2,1 meq  $O_2$ /kg; 3,3 meq  $O_2$ /kg; 2,5 meq  $O_2$ /kg olarak belirlenen peroksit değerleri derin kızartma işlemi sonunda 11,2 meq  $O_2$ /kg; 10,8 meq  $O_2$ /kg; 13,4 meq  $O_2$ /kg şeklinde değişim gösterirken, tavada kızartma sonrası 14,5 meq  $O_2$ /kg; 11,3 meq  $O_2$ /kg; 26,7 meq  $O_2$ /kg peroksit değerleri elde edilmiştir. Yağların çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin azaldığı, bu azalmanın doymamışlık derecelerine bağlı olarak ayçiçeği yağı > bitkisel shortening > sızma zeytinyağı şeklinde sıralandığı belirtilmiştir. Tekli doymamış yağ asitleri içeriğindeki azalma ise oleik asitçe zengin zeytinyağında daha belirgindir. Diğer taraftan, ayçiçeği yağı ve bitkisel shorteninglerde değişimlerin daha düşük oranlardaki tekli doymamış yağ asidi içerikleri sebebiyle daha az ve kızartma tekniğinden bağımsız gerçekleştiği belirtilmektedir. Zeytinyağında hiçbir koşulda *trans* izomerler belirlenmezken, diğer yağlardaki *trans* yağ asitleri izomerlerinde ise sistematik bir değişim belirlenmemiştir.

Andrikopoulos ve ark. (2002a), sığ yağda (tavada) kızartma işlemlerinde derin yağda kızartma işlemlerine göre hava gıda temas yüzeyi oranı daha yüksek olması nedeniyle yağların yapısındaki antioksidanlar başta olmak üzere tüm bileşenlerin daha fazla oksidasyona maruz kaldığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte evlerdeki uygulamalarda kızartma yağlarının ister taze yağ ilavesinin yapılmadığı derin yağda kızartma, isterse sığ yağda kızartma işlemlerinde olsun, genellikle yağ ilavesi yapılarak 6 ila 10 kez arasında kullanılabilirdiği bildirilmiştir (Andrikopoulos ve ark. 2002b).

Houhoula ve ark. (2002)'nin kızartma işlemiyle yağlarda meydana gelen değişimlerin kinetiğini yalnızca ısıtma ile karşılaştırmalı olarak inceledikleri çalışmalarında, her biri 100 g ağırlığındaki taze patateslerin 15'er dakikalık aralıklarla 12 saat süreyle 185°C'de kızartıldığı rafine pamuk yağının yağ asidi bileşimindeki değişimler özetlenmiştir. İşlem süresinin bir fonksiyonu olarak palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) oranlarının belirgin bir artışla %23,25'ten %25'lere yükseldiği kaydedilmiştir. %15,90'lık oleik asit (C<sub>18:0</sub>) oranında küçük ama fark edilir bir azalma söz konusu olup, 12 saat sonundaki oleik asit (C<sub>18:0</sub>) oranı %15,45 olarak belirlenmiştir. Linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) düzeylerinde işlem süresince düzensiz değişimler görülmekle beraber, işlem sonucunda %55,50 olan değerinin %50,75'e düştüğü belirlenmiştir.

Doymamış yağ asitlerinin oksijen ile yükseltgenmesi ile aldehit, keton, hidroksi asitler, alkoller ve daha küçük moleküllü yağa asitlerine dönüşümü söz konusudur. Gıdaların derin yağda kızartılması sırasındaki yüksek sıcaklık derecelerinin ve gıdadan yağa geçen nemin etkisi ile bu dönüşüm hızlanmaktadır (Nas ve ark. 2001).

Türk Gıda Kodeksi yemeklik zeytinyağı ve yemeklik prina yağı hakkındaki tebliğde söz konusu yağların kalite ve saflık kriterleri içerisinde *trans* yağ asitlerine yer verilmiştir. Burada riviera zeytinyağı yağ asidi bileşimlerinde toplam *trans* oleik (C<sub>18:1</sub>) asit oranları için % 0,20, toplam *trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit ve toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları toplamı için %0,30 düzeyinde yasal limit belirlenmiştir (Anonim 1998). Türk Gıda Kodeksi bitki adı ile anılan yemeklik yağlar tebliğinde ise riviera zeytinyağı veya diğer sıvı yağlar için *trans* yağ asitleri oranları ile ilgili bir limit yer almamaktadır (Anonim 2001).

Dondurulmuş gıdaların derin yağda kızartılmasında çeşitli yağ ve kızartma modellerinde *trans* yağ asitleri oluşumunu inceleyen Romero ve ark. (2000), ön kızartma uygulanmış dondurulmuş patatesleri kullanarak taze yağ ilavesi yapılarak ve/veya yağ ilavesi yapılmaksızın gerçekleştirdikleri 20'şer ardışık kızartma işleminde ekstra sızma zeytinyağı, yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı ve standart ayçiçeği yağında *trans* yağ asidi oluşumlarını belirlemişlerdir. Bu çalışma 495'şer g yağ materyal ağırlığında patateslerin 180°C'de 3L kapasiteli derin-yiğ kızartıcılarda 8'er dakika kızartılması koşuluyla aynı gün içinde tamamlanmıştır. Taze yağlarda *trans* oleik (C<sub>18:1</sub>) aside (=elaidik asit) rastlanmazken, linoleik asidin (C<sub>18:2</sub>) *trans* izomerlerinin toplam miktarı yüksek oleik asitli ayçiçeği yağında 1,42 mg/g yağ ve standart ayçiçeği yağında 2,71 mg/g yağ şeklinde belirlenmiştir. Taze yağ ilavesinin yapılmadığı durumlarda ise 8. kızartma sonrasında da pek bir değişim görülmezken 20. kızartma sonrasında ekstra sızma zeytinyağı, yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı ve ayçiçeği yağındaki *trans* oleik (C<sub>18:1</sub>) asit miktarları sırasıyla 3,08; 2,37; 1,52 mg/g yağ, *trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit miktarları 1,01; 1,86; 3,31 mg/g yağ şeklinde sıralanmıştır. Ayrıca yağ ilavesi

yapılarak gerçekleştirilen kızartma işlemlerinde hem yağlarda hem de gıdalarda daha düşük düzeylerde *trans* yağ asitlerinin bulunduğu bildirilmiştir.

Bruggena ve ark. (1998) hayvansal yağlarda doğal olarak bulunan *trans* yağ asitlerinin, yüksek oranlarda kısmi hidrojenasyon sırasında oluştuğunu bildirirken, rafinasyon sırasında da düşük miktarlarda *trans* yağ asitleri oluştuğuna işaret etmişlerdir. Rafinasyon sırasında oluşan *trans* yağ asitleri %2'nin altındadır ve trienoik yağ asitlerinde izomerizasyon dienoik yağ asitlerine göre daha kolay olduğundan (rafinasyonda monoenoik yağ asitlerinde izomerizasyon çok düşüktür) *trans* linolenik (C<sub>18:3</sub>) yağ asidi oluşumu daha fazla saptanmıştır.

Che Man ve Wan Hussin (1998), 180°C'de 30 dakika aralıklarla günde 5 saat olmak üzere 5 gün boyunca dondurulmuş patateslerin nötralizasyon, ağartma ve deodorize edilmiş palm ve hindistan cevizi yağlarında kızartılmasıyla yağlarda meydana gelen değişimleri incelemiştir. 5 günlük kesikli kızartma işlemi sonunda, palm yağında doymuş yağ asitleri olan palmitik (C<sub>16:0</sub>) ve stearik (C<sub>18:0</sub>) asitlerde önemli artışlar belirlemiştir. Oleik asit (C<sub>18:1</sub>) miktarında ise önemsiz bir değişim görülmüştür. Oleik asit (C<sub>18:1</sub>) açısından benzer yöndeki değişimler hindistan cevizi yağında da gözlemlenirken, doymuş yağ asitlerinde, (palmitik ve stearik asit) küçük artışlar belirlenmiştir. Linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) içeriklerinin her iki çeşit yağda da belirgin bir biçimde azalmış olduğu da ifade edilmiştir. Peroksit değerleri önce artarak 2. günde maksimum değerlere ulaşmış, sonrasında azalan bir değişim göstermiştir, % serbest yağ asitliği değerlerinin de işlem sonunda arttığı bildirilmiştir.

Kızartma ve mikrodalga ısıtma işlemleri sırasında yağların peroksit değerlerinde, % serbest yağ asitliği değerlerinde ve yağ asitleri dağılımlarında meydana gelen önemli değişimlere hava oksijeni ve gıda maddesinin yapısındaki su neden olmaktadır (O'Brien 1998, Önal ve Ergin 2002).

Çiftçioğlu (1997) zeytinyağının bünyesinde doymuş ve çoklu doymamış yağ asitleri oranının oldukça düşük bulunması, diğer sıvı tohum yağlarına kıyasla toksik oksidasyon ürünlerinin oluşma olasılığının az olması sebebiyle, zeytinyağının hem stabilitesi yüksek, hem de beslenme yönünden sakıncası fazla olmayan bir yağ olduğunu bildirmiştir

Alpaslan ve Karaali (1997), çalışmalarında kullandıkları bazı rafine sıvı yağlardan rafine ayçiçeği yağının peroksit değerini 3,2 meq O<sub>2</sub>/kg, %serbest yağ asitliğini % 0,11, ransimat değerini (IP) 110°C ve 120°C üzerinden 4,3 ve 2,1 saat olarak belirlemiştir.

Farklı çeşitlerdeki fındık yağlarının yağ asidi kompozisyonlarını, tokoferol içerikleri ile bunların Ransimat değerlerine etkilerini araştıran Savage ve ark. (1997), oksidatif stabilite ve  $\alpha$ -tokoferol veya toplam tokoferol arasında önemli olmayan regresyon,  $\gamma$ -tokoferol arasında ise önemli regresyon korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bir

findık çeşidi (whiteheart) haricinde oksidatif stabilite ve çoklu doymamış yağ asitleri arasında önemli regresyon ilişkisi ( $r^2 = 0,41$ ;  $P < 0,05$ ) belirlerken tokoferollerin her birinin ve toplamdaki değişimlerinin stabiliteyi büyük ölçüde etkilediğini ifade etmişlerdir.

Kayahan ve ark. (1996), ayçiçeği yağına uygulanan rafinasyon işleminin etkisiyle %0,772 oranında konjuge yağ asitleri bulunduğunu fakat *trans* yağ asidi tespit edemediklerini ve rafinasyon işlemi ile *trans* yapı oluşmadığını bildirmişlerdir.

Sanjuan (1996), 551 adet İspanyol gıda maddesinin *trans* yağ asiti içeriklerini araştırmış ve rafine zeytinyağlarında *trans* yağ asitlerinin toplam miktarının %0,1 olduğunu saptamıştır.

Greyt ve ark. (1996), *trans* yağ asitleri tüketiminin sağlığa tehlikeli olmasından merak ve endişe konusu olduğunu bildirirken, rafine bitkisel sıvı yağlarda %0-4,6 oranlarında *trans* yağ asitleri tespit etmiş, deodorizasyonda yüksek sıcaklığın etkisi ile özellikle *trans* linoleik ( $C_{18:2}$ ) ve *trans* linolenik ( $C_{18:3}$ ) asitlerin oluştuğunu bildirmişlerdir.

Ham yağa sıcaklık işlemlerinin özellikle deodorizasyonda çok yoğun buhar işlemi uygulanmasının ve proses işlemleri süresince uygun olmayan işlemlerin rafine çıkışı, yağın *trans* yağ asiti miktarının çok daha fazla artmasına sebep olduğunu bildiren Bruehl (1996), toplam yağ asitlerinde *trans* yağ asitleri oranlarının bazı soğuk pres yağlarında %0,05'i, deodorize yağlarda %0,1'i aştığını belirlemiştir. Araştırmacıya göre rafine yağ üretiminde buhar distilasyonu prosesi kullanılmış ise bunun etikette ifade edilmesi gerekmektedir.

Rafine yağlardaki (deodorizasyon veya buhar distilasyonu) *trans* izomerlerinin kısmi hidrojenize edilmiş yağlardaki izomerlerden tip ve miktar bakımından farklı olduğunu ifade eden Duchateau ve ark. (1996), deodorizasyon çıkışı yağlarda mono, di ve trienoik izomerlerin %1-3 oranlarında meydana geldiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında, rafine soya yağının yağ asiti kompozisyonunu ve *trans* yağ asidi içeriklerini oleik ( $C_{18:1}$ ) asit %57,88, *trans* oleik ( $C_{18:1}$ ) asit %0,03, linoleik ( $C_{18:2}$ ) asit %20,65, *trans* linoleik ( $C_{18:2}$ ) asit %0,17, linolenik ( $C_{18:3}$ ) asit %10,07, *trans* linolenik ( $C_{18:3}$ ) asit %1,23 olarak belirlemişlerdir.

Grob ve ark. (1996), rafine pamuk tohumu, soya, ayçiçeği ve zeytinyağlarında *trans* çoklu doymamış yağ asitlerini belirledikleri çalışmalarında *trans* oluşumunun deodorizasyon aşamasındaki yüksek sıcaklıktan kaynaklandığını ifade etmektedirler. Araştırmacılar, deodorizasyonda uygulanacak sıcaklıklar ve son üründeki *trans* yağ asitleri konsantrasyonları için yasal limitlerin belirlenmesinin şart olduğunu bildirmektedirler.

Bitkisel sıvı yağların rafinasyonu sırasında linoleik ( $C_{18:2}$ ) ve linolenik ( $C_{18:3}$ ) asit gibi çoklu doymamış yağ asitlerinin çift bağlarındaki *trans* izomerizasyonunun deodorizasyon

aşamalarında meydana geldiği bildirmiştir (Sebedio ve Chardigny 1996).

Tyagi ve Vasistha (1996) ise tekli doymamış bir yağ asidi olan oleik asidin linoleik aside göre daha stabil olduğunu bildirirken, bu durumu doymamışlık derecesindeki artışla birlikte çift bağlardaki bozulmaların (oksidasyon ve polimerizasyon) daha hızlı oranlarda gerçekleşmesiyle açıklamışlardır.

Pozo-Diez (1995)'in çalışmasında, 185°C'de patateslerin kızartmasında kullanılan zeytinyağı ve yüksek oleik asitli ayçiçeği yağlarındaki *trans* oleik (elaidik) asit oranının kızartma sayısına paralel bir biçimde arttığı bildirilirken; bir diğer çalışmada (Pozo-Diez ve ark. 1995), ön kızartma uygulanmış dondurulmuş patateslerin yüksek oleik asitli ayçiçeği yağında kızartılmasında, işlem süresince patateslerden kızartma ortamına %80 oranlarında bir yağ transferi olduğu saptanmıştır.

Rafine sıvı yağların gaz likit kromatografisi ile yağ asiti kompozisyonlarını ve *trans* yağ asidi içeriklerini araştıran Steinhart ve Pfalzgraf (1994), rafine sıvı yağlarda *trans* yağ asitlerinin bulunmadığını bildirmişlerdir.

Warner ve ark. (1994), patates cipslerinin stabilitesiyle ilgili olarak yaptıkları kızartma denemelerinde kullandıkları düşük erüsk asitli farklı yağ asidi bileşimlerindeki 6 kanola (kolza), yağının da % serbest yağ asitliği değerlerinin arttığını ve yağların oksidatif stabilitesi yağ asidi kompozisyonları kadar tokoferol içeriklerinin de önemli rol oynadığını bildirmişlerdir.

%7-8 linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) içeren tipik soya yağının özellikle kızartma işlemi sırasında oksidasyona karşı dayanıksız olduğu bilinmektedir (Mounts ve ark. 1994). Yalnızca %1,9-2,9 oranında linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) içeren soya yağlarının, tipik soya yağına hatta hidrojene soya yağına göre, daha iyi duyuusal özellikleri (tat-lezzet) sağladığı ve kızartma işlemi sırasındaki stabiliteyi arttırdığı bildirilmektedir. Ayrıca ekstraksiyon metodu ile yağların kızartma sırasındaki stabiliteilerinin de etkilendiği bildirilmiştir (Warner ve Dunlap 2006).

Bir diğer çalışmada ise Warner ve Mounts (1993), bir yağın derin yağda kızartma işleminde nasıl bir performans göstereceğinin başlangıç yağ asidi kompozisyonlarından tahmin edilebileceğini, en yüksek linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) içeriğine sahip olan yağın bozunmaya daha elverişli olduğunu ve bu nedenle de linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) içeriğinin azaltılmasının oksidatif stabiliteyi arttıracakını ifade etmişlerdir.

Fındık yağında otooksidasyonun ana sebebinin yüksek orandaki linoleik asit içeriği olduğunu ve bununla birlikte peroksidaz aktivitesi, antioksidant ile prooksidant bileşikler gibi diğer faktörlerin de otooksidasyon üzerinde etkili olduğunu bildiren Bonvehi ve Coll (1993), Ransimat Methrom 617 model cihazı ile 120°C'de belirlenen oksidatif stabilite ile linoleik



(C<sub>18:2</sub>) asit miktarları arasında önemli ilişki bulunduğunu ancak oksidatif stabiliteye yalnızca doğal antioksidantların örneğin tokoferollerin de etkili olabileceğini ifade etmişlerdir.

Yeni Zelanda'da sıvı yağ ve yağ karışımlarının *trans* yağ asitleri içeriklerini inceleyen Ball ve ark. (1993), sıvı yağlarda *trans* yağ asitleri toplam oranlarının %1'den daha az olduğunu belirlemişlerdir.

*Trans* izomerlerin teşekkülünün deodorizasyon sıcaklık ve süresine bağlı olduğunu bildiren Wolff (1993a), yüksek sıcaklık ve uzun sürede (şiddetli hallerde) toplam *trans* izomerlerinin % 3,5'den fazla olduğunu belirlemiştir.

Deodorizasyon işlemi çıkışı ceviz yağlarının yağ asidi kompozisyonlarını ve *trans* yağ asidi içeriklerini araştıran Wolff (1993b), bu yağlarda linoleik (C<sub>18:2</sub>) ve linolenik (C<sub>18:3</sub>) asitlerin geometrik izomerlerini belirlemiştir. Yağ asidi kompozisyonlarının %0,6-1,4'nü *trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) asidin, %0,8-1,8'ini *trans* çoklu doymamış yağ asitlerinin oluşturduğunu belirleyen araştırmacı, linolenik (C<sub>18:3</sub>) asidin %5-10 oranında *trans* formuna dönüştüğünü ifade etmektedir. Araştırmacı linolenik (C<sub>18:3</sub>) asidin geometrik izomer oluşumunu *c,c,t* %49,2-52,9; *c,t,c* %6,3-7,8; *t,c,c* %38,1-41,9; *t,c,t* %2,2-3,1 olarak bildirirken, bu oluşumların 230°C'deki deodorizasyon işlemiyle meydana geldiğini tespit etmiştir.

Wolff (1993c), Almanya, İngiltere ve Belçika'da piyasada satılan rafine soya, kolza ve bunların karışımı olan yağların yağ asiti kompozisyonlarını ve *trans* yağ asiti içeriklerini incelemiştir. Bu çalışma sonucunda *trans* oleik (C<sub>18:1</sub>) asit, *trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit, *trans* linolenik (C<sub>18:3</sub>) asit içeriklerinin sırasıyla rafine soya yağlarında %0,06; %0,65-0,91; %1,08-1,65, rafine kolza yağlarında %0,05-0,09; %0,12-0,59; %0,91-2,74, bu yağların karışımlarında ise %0,05-0,06; %0,31-0,35; %1,56-1,84 değerleri arasında değiştiğini tespit etmiştir. Söz konusu bu yağlarda linolenik (C<sub>18:3</sub>) asitteki geometrik izomerizasyon dereceleri Alman piyasasındakilerde %10,46-16,61, İngiliz piyasasındakilerde %14,57-26,89, Belçika piyasasındakilerde % 15,84-19,35 olarak ifade edilmiştir.

Gürtürk (1990), taze patatesler kullanılarak birer saat arayla günde 6 kızartma olmak üzere 9 gün süre (54 kızartma sayısı) ile ağzı açık ve kapalı fritözde 170°C'de rafine ayçiçeği yağında gerçekleştirdiği kızartma denemeleri sırasında peroksit ve % serbest yağ asidi değerlerindeki değişimleri incelemiştir. Ağzı açık fritözdeki denemenin başlangıcında, taze yağın peroksit değeri 2,86 meq O<sub>2</sub>/kg iken, ilk gün yapılan 6 kızartma sırasında sürekli artmış ve 20,05 meq O<sub>2</sub>/kg olan maksimum değerine yükselmiştir. 6. kızartma sonrası yağın peroksit değerlerinde düzensiz iniş ve çıkışların yaşandığı, 44. kızartmadan sonra ise yavaş yavaş azalarak, 50. kızartmada minimum değerine (10,40 meq O<sub>2</sub>/kg) indiği ve 54. kızartma (9. gün) sonunda 11,98 meq O<sub>2</sub>/kg değerine ulaşmıştır. % serbest yağ asitliği değerleri işlem süresince

düzenli artışlar göstermiş ve taze yağın oleik asit cinsinden %0,11 olan %serbest yağ asitliği değeri 9. günün sonunda %0,66 değerine yükselmiştir. Diğer taraftan, ağzı kapalı fritözdeki denemede ise, taze yağda 2,80 meq O<sub>2</sub>/kg olan peroksit değeri başlangıçta sürekli artış gösterirken, 6. kızartma ile birlikte düzensiz iniş ve çıkışlarla 38. kızartmada maksimum değerine (15,81 meq O<sub>2</sub>/kg) ulaşmış, sonrasında kademeli olarak azalarak 54. kızartma sonunda 8,36 meq O<sub>2</sub>/kg olarak saptanmıştır. % serbest yağ asitliği değerleri ise düzenli artışlarla %0,11 olan başlangıç seviyesinden %0,58'e yükselmiştir.

Bazı rafine bitkisel sıvı yağlar ile kızartma yağlarının *trans* yağ asiti içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada *trans* yağ asitleri oranı %1,1-3,5 olarak belirlenmiştir (Matsui ve ark. 1989).

Kızartma işlemi sırasında meydana gelen otooksidasyon olayları yağlarda yaygın olarak bulunan oleik (C<sub>18:1</sub>), linoleik (C<sub>18:2</sub>) ve linolenik (C<sub>18:3</sub>) asitler üzerinden yürüdüğü bildirilmektedir (Hamilton 1989). Linoleik asidin oksidasyonu oleik asidin oksidasyonundan 64 kez, linolenik asidin oksidasyonu ise 100 kez daha hızlıdır. Bu demektir ki, çift bağ sayısı arttıkça oksidasyon hızı da artmaktadır.

White ve Miller (1988), soya yağlarının ağzı gevşek bir biçimde kapalı beherlerde 60°C'de 8 gün depolama süresince yağ asidi kompozisyonlarında başlangıç ve son değerleri arasında yalnızca minör değişimler meydana geldiğini, peroksit değerlerinin depolama süresine bağlı olarak arttığını belirtmiştir.

Pamuk ve mısır yağı ile yapılan bir çalışmada (Maksimets ve ark. 1988), derin yağda kızartma ile sürekli ısıtmanın etkisi araştırılmıştır. %0,12 olan % serbest yağ asitliği değerine sahip mısır yağında kızartma yapıldığında bu değer devamlı artış göstererek 90 saat sonra %1,37 ve sürekli ısıtıldığında ise %0,32 olarak belirlenmiştir. Pamuk yağının % serbest yağ asitliği değeri ise %0,07 iken kızartma işlemiyle devamlı artmış ve 150 saat sonra %5,20, sürekli ısıtıldığında ise %0,34 olarak tespit edilmiştir. Her iki yağda aynı süre zarfında sürekli ısıtmaya kıyasla, derin yağda kızartmada daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Augustin ve ark. (1987), rafine-ağartma-deodorize işlemi görmüş palm oleinle yaptıkları ısıtma ve kızartma denemelerinde (C<sub>18:2</sub>/C<sub>16:0</sub>) oranlarındaki azalmanın %65,31 olduğunu bildirmektedir. Kızartma işlemi sırasında özellikle linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) miktarında ve linoleik asidin palmitik aside (C<sub>18:2</sub>/C<sub>16:0</sub>) oranlarındaki azalmalar, yağların bozulma derecelerinin sağlam göstergeleri olarak tanımlanmaktadır (Alexander ve ark. 1983, Thompson ve Rae 1983).

Göy ve Gül (1987) çalışmalarında, üç gün boyunca her gün 8 saat 180±5°C'de kızartma işlemi uygulanan rafine ayçiçeği yağının %0,14 olan % serbest yağ asitliğinin 8

saatlik kızartma sonrasında daha hızlı bir artış göstererek 24 saat sonunda %0,60'a yükseldiğini tespit etmişlerdir. Peroksit değerinin ise ilk 4 saatlik kızartma süresince artmakta ve daha sonraki sürelerde ise azalmakta olduğu belirlenmiştir. Bu durum yağlarda oksidatif tepkimeler sonucu oluşan peroksitlerin ortam koşullarına bağlı olarak değişen bir hızla parçalanmaları ve peroksit sayısının düşük bulunduğu kızartma periyotlarında peroksit parçalanma hızının oluşum hızından daha yüksek olması ile açıklanmıştır.

Gunstone ve ark. (1986), zeytinyağlarının bünyesinde %81-89 oranında doymamış yağ asitleri içerdiğini ve doymamış yağ asitlerinin doğada genellikle *cis* pozisyonunda bulunmakta olduğunu, ancak az miktarda *trans* yağ asitlerinin de yağların bünyesinde doğal olarak bulunabileceğini bildirmektedir.

Kayahan (1984), rafine pamuk yağı, rafine ayçiçeği yağı ve rafine zeytinyağı ile yaptığı çalışmada, 180 ±5°C de patates kızartıldığında her üç yağda da % serbest yağ asitliği miktarlarının arttığını tespit etmiştir. Bekletmeden ard arda kızartma yapıldığında, ayçiçeği yağının % serbest yağ asitliği %0,20'den 10. kızartma sonunda %0,34'e yükselmiş, oda sıcaklığında bekleterek bir gün ara ile 10 defa kızartma yapıldığında ise %0,42'ye yükselmiştir.

Göy ve Gül (1987) ve Kayahan (1984), yüksek sıcaklık derecelerinde veya normal şartlarda meydana gelen oksidatif bozulmaların yağın asitliğinin artmasına yol açtığını ve bununla birlikte oksidatif yolla asitlik artmasında zincir parçalanması sonucu daha çok, küçük zincirli yağ asitleri meydana gelirken, diğer etkiler sonucu meydana gelen asitlik artışında ise ester bağlarının hidrolizinin söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Saleh ve ark. (1986) çalışmalarında, pamuk yağında 3 gün boyunca falafel kızarttıklarında, peroksit değerinin 8 saatlik ısıtma süresince kademeli olarak yükselerek maksimum düzeye eriştiğini, bu süre sonrasında işlem sonuna kadar düşüşler gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumun oksidasyonun ilk aşamalarında oluşan peroksitlerin ısıl parçalanmasına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Stevenson ve ark. (1984b), kanola ve soya yağında 10 gün boyunca toplam 75 saat kızartma yaptıkları çalışmada, kanola ve soya yağlarının başlangıçtaki peroksit değerleri sırasıyla 0,8 meq O<sub>2</sub>/kg ve 1,8 meq O<sub>2</sub>/kg iken kızartma işlemi sonunda bu değerler sırasıyla 2,9 meq O<sub>2</sub>/kg ve 4,2 meq O<sub>2</sub>/kg olarak belirlenmiştir.

Kim ve Maeng (1984), çeşitli kızartma yağlarının ısıl oksidasyonuna ısıtma süresinin etkisini incelemek amacıyla çalışmalarında 185°C'de 56 saatlik ısıtma uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, peroksit değerlerinin maksimuma ulaştıktan sonra düştüğünü ve yağların peroksit değerleri ile ısıl oksidasyon zamanı arasında

çok zayıf bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Augustin ve Berry (1983) çalışmalarında, palm yağında patates kızartıldığında peroksit değerinin 1. gün yükselip, 2. gün düştüğünü, yağın statik ısıtılması esnasında ise 1. ve 2. günde de bu değerlerin azaldığını tespit etmişlerdir. Elde edilen düşük peroksit değerlerini, peroksitlerin 180°C'de parçalanmasına bağlamışlardır.

Kayahan (1981), 185°C sıcaklıkta, 3'er L ayçiçeği ve zeytinyağı ile 1 kg taze patates kullanılarak günde bir kez olacak şekilde bir hafta boyunca kızartma denemeleri yapmıştır. Kızartma işlemi süresince, ayçiçeği yağının % serbest yağ asitliği değerleri düzensiz de olsa sürekli artarak %0,14'ten %0,56'ya yükselirken, zeytinyağında %0,80 olan bu değer 3. güne kadar değişmediği, 3. gün %1,07'lik maksimum değerine ulaştıktan sonra azalarak %0,66'ya düştüğü belirlenmiştir. Ayçiçeği yağında 11,0 meq O<sub>2</sub>/kg ve zeytinyağında 4,70 meq O<sub>2</sub>/kg olan başlangıç peroksit değerleri 5. gün sonunda sırasıyla 19,2 ve 9,5 meq O<sub>2</sub>/kg olan maksimum değerlerine ulaştıktan sonra azalmış ve işlem sonunda 13,2 ve 6,3 meq O<sub>2</sub>/kg olarak belirlenmiştir.

Krygier ve ark. (1981) çalışmalarında, yağda 24 saat ve 30 saat hamburger ve cips kızartıldığında, hamburger kızartılan yağda % serbest yağ asitliği değerlerinin daha yüksek olduğunu ve 30 saatlik kızartma sonunda limit olarak gösterilen %2'lik serbest yağ asitliği değerini aştığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumun, proteinin özellikle okside ürünleri ve patates nişastasının da serbest yağ asitlerini absorbe etmesi ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir.

Fritsch ve ark. (1979) 2500 g yağda günde 8 saat boyunca saat başı 200'er g ağırlığındaki patateslerin 4 gün süre ile kızartıldığı çalışmalarında, % serbest yağ asitliği değerlerinin soya yağında %0,02'den %0,30'a, hidrojene bitkisel yağda %0,02'den %0,38'e ve hayvansal-bitkisel karışım yağda %0,05'den %0,78'e yükseldiğini tespit etmişlerdir. Bütün yağlar 5. gün hiç kızartma yapılmadan ısıtıldığında bile hidrojene bitkisel yağ haricindeki tüm yağların % serbest yağ asitliği değerlerinin yine yükseldiği bildirilmiştir. İkinci hafta ise yağlar aynı şekilde ısıtılıp, hiç kızartma yapılmadığında bu değerlerdeki artışın daha önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Serim (1979), ayçiçeği ve zeytinyağlarını 130°C, 160°C ve 190°C sıcaklıklarda 24'er saat süre ile ısıtmış ve % serbest yağ asitliği değerlerindeki değişimleri incelemiştir. Kullanılmamış ayçiçeği yağlarında %0,19 olan % serbest asitliği değeri 130°C, 160°C ve 190°C'deki ısıtma işlemleri sonunda sırasıyla %0,41; %0,58 ve %0,63 olurken, zeytinyağında başlangıçta %0,41 olan bu değer %0,77; %0,93 ve %1,49'a kadar yükseldiği belirlenmiştir.

Alim (1977)'in çalışmasında, 15 lt'lik bir zeytinyağı örneği  $180 \pm 10^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ve 8 saatlik periyotlarla 10 günlük süre ile ısıtılmış ve yağ asidi kompozisyonundaki değişimler incelenmiştir. İşlem sonunda toplam doymuş yağ asitleri oranları %16,69'dan %17,73'e, tekli doymamış yağ asitleri oranları ise %64,74'ten %67,72'ye yükselirken, linoleik ( $\text{C}_{18:2}$ ) asit oranları %17,90'dan %14,48'e azalmış, linolenik ( $\text{C}_{18:3}$ ) asit oranları (%0,79) ise sıfır değerine kadar düşmüştür.

Kayahan (1977) çalışmasında, zeytinyağı ve ayçiçeği yağlarının termik oksidasyonları sırasında % serbest yağ asitliği değerlerindeki değişim yönünden bir farklılık olmadığını belirtmiştir. Buna karşın, yalancı dolma içlerinin kavrulması sırasında % serbest asitliği değerlerinin zeytinyağında %0,85'ten %1,25'e, ayçiçeği yağında %0,28'den %0,79'a ve pamuk yağında ise %0,14'ten %0,68'e yükseldiğini ifade etmiştir.

Isıl uygulamalarda yağların yağ asidi bileşimindeki oleik ( $\text{C}_{18:1}$ ) ve linoleik ( $\text{C}_{18:2}$ ) asit ile karşılaştırıldığında, linolenik ( $\text{C}_{18:3}$ ) asidin daha yüksek oranlarda/hızlı bir biçimde oksitlendiği bildirilmektedir (Wang ve Hammond 1977, Fatemi ve Hammond 1980).

Sağlam (1977) çalışmasında,  $185^{\circ}\text{C}$ 'de zeytinyağında patates kızartıldığında başlangıçta 0,92 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$  olan peroksit değerinin artış ve azalışlarla 5. kızartma sonunda 0,59 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$ 'a düştüğünü saptamıştır.

Roth ve Rock (1972), birbiriyle karışmayan yapıda iki madde arasında (burada havanın oksijeni ile yağ) meydana gelecek tüm reaksiyonların, muhakkak bu iki değişik maddenin birbiriyle temas ettikleri yüzeyde olacağını bildirmiştir. Reaksiyonların şiddet ve miktarlarının da bu iki maddenin miktarları, temas hızları ve temas yüzeyi alanları ile orantılı olacağını ifade etmiştir. Bu görüş doğrultusunda, spesifik alan küçüldükçe yağın hava ile temasının ve oksidasyonun azalmasından hareketle derin kızartma tekniği geliştirilmiştir (Serim 1989).

Bugün uygulanan kızartma yöntemlerinde bir miktar hava ile temasın tümüyle önlenmesi mümkün değildir. Hava teması özellikle ısınma ve kızartma sırasında yağın yüzeyinde meydana gelmekle birlikte, ısınmanın oluşturduğu normal konveksiyon akımı ve yağa yaptırılan sirkülasyon yahut karıştırma hareketleri ile hava kaçınılmaz olarak yağın içine de karışmaktadır. Ancak, kızgın yağı sistemin herhangi bir yerinde ürün üzerine yukarıdan dökmek veya püskürtmek gibi gereksiz olan ve aşırı hava konsantrasyonu sağlayan işlemlerden kaçınılmalıdır (Anonymous 1987a, Robertson 1967).

Sıcaklık derecesinin peroksit değerine olan etkisinin incelendiği bir çalışmada (Kummerow 1962), mısır yağında 1 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$  olan peroksit değerinin 24 saatlik ısıl işlem sonrasında  $120^{\circ}\text{C}$ 'de 81 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$ ,  $160^{\circ}\text{C}$ 'de 6 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$  ve  $200^{\circ}\text{C}$ 'de 2 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$  olarak

belirlenmesiyle peroksitlerin ısıya karşı dayanıklı olmadıkları gösterilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Materyal olarak rafine ayçiçeği yağı, rafine soya yağı, rafine mısır yağı, rafine fındık yağı ve riviera zeytinyağından oluşan 5 ayrı bitkisel sıvı yağ çeşidi ve patatesler kullanılmıştır. Her bir deneme için Türkiye çapında tanınmış markalara ait yağlar 2'şer litrelik pet ambalajlarda yerel bir marketten temin edilmiştir. Kızartma denemelerinde kullanılmak üzere ön kızartma uygulanmış dondurulmuş patatesler tercih edilmiştir. Ortalama boyutları (0,8 cm x 0,8 cm x 6,02 cm) olan patateslerden her bir deneme için 10 kg (2,5 kg x 4 paket) kullanılmıştır. Parametreleri belirlemek için yapılan ön denemelerde kullanılan miktarlar buna dâhil edilmemiştir.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Derin Yağda Kızartma İşlemi

Derin kızartma işlemlerinde Tefal-maxi marka ev tipi elektrikli fritöz kullanılmıştır. 26 cm çapında, 16 cm derinliğinde, 2,5 litre maksimum kapasiteli ve sepetli olan fritöz ile 150-190°C arasındaki sıcaklıklara ulaşılabilir. Yağın havaya maruz kalan alanı 530,7 cm<sup>2</sup> olup kızartma aşamalarında fritözün ağzı kapalı, soğutma aşamalarında ise fritözün ağzı açık olarak muhafaza edilmiştir. Kızartma işlemi için fritöze konulan 2 litre (fritözün minimum çizgisine kadar) yağdan işleme başlanmadan önce (0.) karşılaştırma amaçlı bir örnekleme yapılmıştır. Daha sonra fritözün kapağı kapatılarak yağın 175±5°C'ye ısıtılması sağlanmış (bu sıcaklığa ulaşması tüm yağ çeşitlerinde 6-7 dakika arasında değişmektedir). Daha önceden 200 g porsiyonlar halinde 0,05 g duyarlılıkla tartılan patatesler 4'er dakika kızartılmıştır. Kızartmanın tamamlanmasıyla beklemeksizin fritözün fişi çekilmiş, sepeti yukarı çekilip yağın süzülmesi için 1 dakika beklendikten sonra patatesler alınmıştır. Yağın 1 saat boyunca ağzı açık bir biçimde bekletilmesinin ardından örnek alınmış ve ikinci kızartma işlemine başlanmıştır. Bu şekilde taze yağ ilavesi yapılmaksızın 10 kesikli kızartma işlemi yapılmıştır. Her gün farklı bir yağ çeşidi kullanılarak 5 farklı yağ ile aynı işlemlerin tekrarlandığı kızartma denemeleri 5 günde tamamlanmıştır. Analizler için örnekleme işlemi 1., 3., 5., 7., 9. ve 10. kızartma işlemlerini izleyen soğutma aşamasının sonunda gerçekleştirilmiştir. Ağzı kapaklı koyu renkli şişelere alınan 60'ar ml yağ örnekleri oda sıcaklığına kadar iyice soğutulup analiz işlemlerine kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Bu şekilde gerçekleştirilen kızartma işlemi her bir yağ çeşidi ile üç kez tekrar edilerek elde edilen değerler ortalama olarak ifade edilmiştir.

Yukarıda ifade edilen kızartma işlemi ile ilgili parametreler aşağıdaki Çizelge 3.1’de özetlenmiştir.

**Çizelge 3.1.** Kızartma işleminde kullanılan parametreler

<b>İşlemler</b>	<b>Koşullar</b>
Kızartma aracı tipi	ev tipi fritöz (sepetli-kapaklı)
Kızartma aracı boyutları	26 cm çapında, 16 cm derinliğinde, 2,5 lt kapasiteli
Kızartma yöntemi	derin yağda kızartma
Yağ çeşitleri	rafine ayçiçeği, rafine mısır, rafine soya, rafine fındık, riviera zeytinyağı
Yağ miktarı	2 lt (yağın yüzey alanı 530,7 cm <sup>2</sup> )
Kızartma işlem sıcaklığı	175±5°C (bu sıcaklığa erişim süresi 6–7 dakika)
Kızartma işlem süresi	4 dakika (kapak kapalı olarak)
Kızartma sayısı	10
Kızartma işlemleri arasında bekleme süresi (oda sıcaklığına soğutma)	60 dakika (kapak açık olarak)
Kızartma süresince yağ ilavesi	yok
Kızartma ürünü	ön kızartma uygulanmış dondurulmuş patates
Ürün miktarı (her bir kızartmada)	200 g
Ürün ortalama boyutları	0,8 cm x 0,8 cm x 6,02 cm
Örnekleme aşamaları	0. (kontrol), 1., 3., 5., 7., 9. ve 10. kızartma sonrası
Örnek (yağ) miktarı	60 ml
İşlem sonrası haznede kalan yağ miktarı	yaklaşık 1,400–1,450 lt

### **3.2.2. Örneklerle Uygulanan Analiz Metotları**

#### **3.2.2.1. % Serbest Yağ Asitliği İçeriğinin Belirlenmesi**

İncelenen örneklerin % serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde IUPAC 2.201 sayılı (Anonim 1987b) metot uygulanmıştır. % serbest yağ asitliği, yağlarda bağlı olmayan yağ asitleri toplamı oleik asit yüzdesi olarak belirtilmektedir.



İşlem için yağ örneğinden 5-10 g, 0,01 g duyarlılıkta tartılıp, 50-150 ml 1/1 (hacim/hacim) oranındaki etanol-dietileter karışımı ile çözündürülmüştür. Çalkalanarak fenolftalein damlatılmış ve pembe renk oluşuncaya kadar 0,1 N etanollü potasyum hidroksit çözeltisi ile titre edilmiştir. Aşağıda verilen formüle göre % serbest yağ asitlikleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{ serbest yağ asitliği: } \frac{V \times T \times Ma}{m}$$

- V : Harcanan 0,1 N etanollü potasyum hidroksit çözeltisi, ml  
m : Örnek ağırlığı, g  
Ma : Oleik asitin molekül ağırlığı  
T : Etanollü potasyum hidroksit çözeltisi normalitesi

### 3.2.2.2. Peroksit Sayısının Belirlenmesi

İncelenen örneklerin peroksit sayısının belirlenmesinde IUPAC 2.501 sayılı (Anonim 1987b) metot uygulanmıştır. Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin miliekivalentgram olarak miktarıdır.

Beklenen peroksit sayısına göre 0,001 g duyarlılıkta örnekten Çizelge 3.2'ye göre tartım yapılmıştır.

**Çizelge.3.2** . Peroksit sayısı için alınacak numune miktarı

Beklenen peroksit sayısı (meq O <sub>2</sub> /kg)	Alınacak numune miktarı (g)
0–12	2,0–5,0
12–20	1,2–2,0
20–30	0,8–1,2
30–50	0,5–0,8
50–90	0,3–0,5

Şilifli erlenlere tartılan 5 g yağ örneği üzerine 25 ml kloroform-asetik asit (3:2 v/v) ilave edilmiş ve çözünmesi sağlanmıştır. 1 ml potasyum iyodür çözeltisi katılmasının ardından kapakları kapatılan erlenler 1 dakika çalkalanıp 5 dakika karanlıkta tutulmuştur. Bu sürenin sonunda 75 ml distile su ve 1 ml nişasta çözeltisi ilave edilen örnek 0,01 N sodyum tiyosülfat ile mavi renk kayboluncaya (kloroform fazındaki iyot tamamen yok oluncaya) dek titre edilmiş ve sarfedilen tiyosülfat miktarı kaydedilmiştir. Serbest hale geçen iyot, nişasta çözeltisine karşı beklenen peroksit sayısı 12,0'dan az ise 0,002 N, 12,0 dan çok ise 0,01 N sodyum tiyosülfat

çözeltisi ile titre edilir. Aynı zamanda örnek kullanılmaksızın yapılan tanık deney sonucunda serbest iyot eseri bulunmamalıdır. Aşağıda verilen formüle göre peroksit değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Peroksit sayısı} : \frac{V \times T \times 1000}{m}$$

V : Harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml

T : Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

m : örnek ağırlığı, g

### 3.2.2.3. İndüksiyon Zamanlarının Belirlenmesi

İndüksiyon zamanlarının belirlenmesinde 679 Ransimat (Metrohm-Herisau, Switzerland) cihazı kullanılmıştır. 3 g yağdan 110°C'de 20L/h hızla kuru hava geçirilmiş olup iletkenlik eğrisindeki kırılma noktasından indüksiyon zamanı (saat) bulunmuştur (Laubli ve ark. 1988).

### 3.2.2.4. Yağ Asidi Bileşimlerinin Belirlenmesi

İncelenen yağ örnekleri AOCS (1993)'nin Ce 2-66 nolu metoduna göre BF<sub>3</sub>-metanol ile yağ asiti metil esterlerine dönüştürülmüştür (Anonim 1993a). Yağ asiti metil esterleri gaz-likid kromatografisi cihazına 0,5 µl enjekte edilerek yağ asiti bileşimlerini gösteren kromatogramlar elde edilmiştir. Hewlett-Packard Chemstation 6890 ile donanmış olan gaz-likid kromatografisine ait özelliklerle, seçilen çalışma parametreleri aşağıda verilmiştir.

Gaz-likit kromatografisi : Hewlett-Packard 6890 Series II

Dedektör : Alev iyonizasyon dedektörü (FID)

Kolon : % 100 sianopropil polisiloksan ile kaplanmış, silika kapiler kolon (CP Sil 88, 100 m x 250 µm i.d., 0,20 µm film; Chrompack, Middelburg, Hollanda).

Sıcaklıklar;

Dedektör : 250°C

Kolon : 175°C

Enjeksiyon bloku : 250°C

Gazlar;

Taşıyıcı gaz, Helyum	:	1 ml/dk
Hava	:	400 ml/dk
Hidrojen	:	33 ml/dk
Split oranı	:	1:100

Elde olunan pikler göreceli çıkış zamanlarına göre tanımlanmış, alanları ise integratör vasıtasıyla her yağ asidinin bütün içindeki oransal niceliği olarak hesaplanmıştır (Hışıl 1988).

### **3.2.2.5. İstatistiksel Değerlendirme**

Üç tekrarlı olarak gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçların istatistiksel analizlerinde tesadüf blokları deneme planına göre SPSS paket programı kullanılarak varyans analizleri yapılmıştır. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Soysal 1998).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

##### 4.1. Örneklere Uygulanan Analiz Sonuçları

###### 4.1.1. % Serbest yağ asitleri

Denemelerde kullanılan beş farklı bitkisel sıvı yağın her biri ile 10 kez yapılan derin yağda kızartma işlemleri süresince elde edilen % serbest yağ asitliği değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Kızartma işlemi süresince % serbest yağ asitliği değerleri ortalamaları (% oleik asit cinsinden)

Yağ Çeşidi	Kızartma sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
Ayçiçeği yağı	0,103	0,107	0,110	0,115	0,128	0,133	0,139
Mısırözü yağı	0,131	0,133	0,138	0,146	0,158	0,160	0,163
Zeytinyağı	0,267	0,273	0,276	0,282	0,329	0,332	0,337
Soya yağı	0,235	0,257	0,260	0,263	0,275	0,278	0,286
Fındık yağı	0,073	0,074	0,078	0,080	0,083	0,100	0,103

Çizelge 4.1’de de görüldüğü üzere, işlem öncesi bitkisel sıvı yağlardan en yüksek % serbest yağ asitliği değeri riviera zeytinyağında %0,267, en düşük % serbest yağ asitliği değeri ise rafine fındık yağında %0,073 olarak belirlenmiştir. 10. kızartma işlemi sonrasında da benzer bir durum söz konusu olup en yüksek serbest yağ asitliği değerine % 0,337 ile riviera zeytinyağı sahip iken, en düşük değere %0,103 ile yine rafine fındık yağı sahiptir. Her bir yağın % serbest yağ asitliği değerinde kızartma sayısı ile birlikte düzenli artışlar meydana gelmiştir.

**Çizelge 4.2.** % serbest yağ asitliği değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yağ çeşidi	4	0,495	0,124	2,727**
Kızartma sayısı	6	0,018	0,003	165,387**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,004	0,000	9,604**
Hata	35	0,001	0,000	-
Toplam	70	2,861	-	-
Genel Toplam	69	0,517	-	-

\*\* p<0,01 düzeyinde önemli \*p<0,05 düzeyinde önemli

Yağ çeşitleri ve kızartma sayısının % serbest yağ asitliği içeriğine olan etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, hem yağ çeşidinin hem de kızartma sayısının % serbest yağ asitliği değerlerinde meydana gelen değişimlerde istatistiksel olarak

$P < 0,01$  düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Yağ çeşitleri ile kızartma sayısı arasındaki etkileşimin % serbest yağ asitliğinde meydana gelen değişim üzerine olan etkisi de istatistiksel olarak  $P < 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşidine bağlı olarak % serbest yağ asitliği değerleri bakımından istatistiksel olarak birbirinden farklı beş ayrı grup olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** Yağ çeşidine göre % serbest yağ asitliği değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları ( $P < 0,01$ )

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
Fındık yağı	0,084	A
Ayçiçeği yağı	0,119	B
Mısırözü yağı	0,147	C
Soya yağı	0,265	D
Zeytinyağı	0,299	E

Serbest yağ asitliği (%) değerindeki değişiminin kaçınıcı kızartma sonrası farklılık oluşturduğunun belirlenmesi amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları ise Çizelge 4.4'de verilmiştir. Bu veriler doğrultusunda örneklerin % serbest yağ asitliği değerleri bakımından 1. ve 3. kızartma sonuçları istatistiksel olarak birbirleriyle aynı ( $P > 0,01$ ), diğer kızartma sonuçları ise tamamen farklı olup  $P < 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.4.** Kızartma sayısına göre % serbest yağ asitliği değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları ( $P < 0,01$ )

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
0	0,162	A
1	0,169	B
3	0,172	B
5	0,177	C
7	0,195	D
9	0,201	E
10	0,206	F

Kızartma işleminde kullanılan yüksek sıcaklık ve gıda maddesinin yapısındaki suyun yağa geçişi ile hidrolitik bozunmaların hızlanmasına bağlı olarak % serbest yağ asitliği değerlerinin tüm yağlarda arttığı ve ortalamalarının her bir yağın başlangıç düzeyleri doğrultusunda sıralandığı görülmektedir. Yağların % serbest yağ asitliği değerlerindeki en büyük değişimin 5. kızartma sonrasında meydana geldiği, kullanım sürelerine (kızartma sayılarına) bağlı olarak sürekli arttığı görülmektedir.

Derin yağda kızartma işlemi süresince % serbest yağ asitliği değerlerinde belirlediğimiz düzenli artışlar, Kayahan (1981) ayçiçeği yağı ve zeytinyağında, Gürtürk (1990) ayçiçeği yağında, Warner ve ark. (1994) çeşitli kanola yağlarında, Che Man ve Wan Hussin (1998) palm ve hindistan cevizi yağlarında, Maskan ve Bağcı (2003) ayçiçek yağlarında patatesler kullanmak suretiyle gerçekleştirdikleri derin yağda kızartma denemelerinde elde edilen değişimlerle birebir uyum sağlamaktadır.

Andrikopoulos ve ark. (2002a) tarafından % serbest yağ asitliği değerlerinin sıg kızartma yönteminde derin kızartma yöntemine göre daha çok arttığı bildirilmekte iken, Fyka ve Samah (2003) % serbest yağ asitliği değerlerindeki artışın dondurulmuş gıdaların kullanıldığı kızartma işlemlerinde taze gıdalara göre daha fazla yaşandığını bildirmişlerdir. Chatzilazarou ve ark. (2006) ise kızartma işleminde proteinli gıdaların kullanılması durumunda nişastalı gıdalara göre % serbest yağ asitliği değerlerdeki artışların daha yüksek oranlarda gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Ulusoy ve ark. (2004)'nın çalışmalarında ise, % serbest yağ asitliği değerlerinin içerisinde ürün pişirilmeksizin yapılan ısıtma süresince dahi arttığı bildirilmektedir.

Buna karşın soya yağında yapılan bir çalışmada ise, % serbest yağ asitliği değerlerinin artarak maksimum seviyeye ulaştıktan sonra azaldığı bildirilmiştir (Thompson ve Rae 1983). Bu durum yağ asitlerinin daha ileri oksidasyonu ve/veya yağ asitlerinin polimerizasyona dahil olmasıyla açıklanmıştır. Kızartma işlemi sırasında, serbest yağ asitleri oluşumlarıyla eş zamanlı olarak bu sıcaklıklardaki yeterli buhar basınçlarına sahip olması ve buharla birlikte yağdan ayrılabilmesi de mümkündür. Bu da % serbest yağ asitliğinin değişken bir değer olmasını açıklamaktadır (Peeled ve ark. 1975).

Bozulmuş bir yağın yüksek miktarda serbest yağ asitleri içerdiği bildirilmektedir (Anonymous 1987a). Kızartma işlemi sırasında hidrolitik ve oksidatif oksidasyon (Fritsch ve ark. 1979, Furia 1980, Stevenson ve ark. 1984a) olayları sonucunda meydana gelen serbest yağ asitleri değerlerindeki önemli değişimlere hava oksijeni ve gıda maddesinin yapısındaki su neden olmaktadır (O'Brien 1998, Önal ve Ergin 2002).

Hidrolitik oksidasyon, daha çok nispeten yüksek sıcaklığa sahip ve sulu ortamlarda gliserid moleküllerinin gliserol ve yağ asitlerine hidrolizi sonucu meydana gelmektedir (Frega ve ark. 1999). Hidroliz oranı ise yağın miktarına, cinsine ve ilk baştaki serbest yağ asidi seviyesine bağlı olarak değişmektedir (Fritsch ve ark. 1979, Stevenson ve ark. 1984a). Başlangıç seviyesi ne kadar yüksek olursa, hidrolizle meydana gelecek serbest yağ asitleri de o kadar yüksek olacaktır.

% serbest yağ asitliği değerlerinin artışında hidroliz kadar, oksidasyonla bazı yağ asidi zincirlerinin daha kısa zincirli yağ asitlerine parçalanması ve bazı yağ asitlerinin trigliserit halindeyken oksitlenerek karbonil bileşiklerine dönüşümüyle birlikte oluşan karboksilik asit de etkili olmaktadır (Alım 1978). Ancak % serbest yağ asitliğinin titrasyon yöntemi ile belirlenmesinde, oksidasyonla oluşan asitlerle hidroliz sırasında oluşan asitler birbirinden ayırt edilememektedir (Schultz 1962, Cossignani ve ark. 1998).

#### 4.1.2. Peroksit Değerleri

Denemelerde kullanılan beş farklı bitkisel sıvı yağın her biri ile 10 kez yapılan derin yağda kızartma işlemleri süresince elde edilen peroksit değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, kızartma işlemi öncesinde en yüksek ortalama peroksit değeri rafine fındık yağında 3,57 meqO<sub>2</sub>/kg, en düşük değeri ise rafine soya yağında 2,33 meqO<sub>2</sub>/kg olarak belirlenmiştir.

Peroksit değerleri kızartma işlemleri sonunda başlangıç değerlerine göre artmıştır. Riviera zeytinyağında ve rafine fındık yağında bu artış 10 kızartma işleminde süreklilik göstermiştir. Rafine ayçiçeği, rafine mısırözü ve rafine soya yağlarında ise peroksit değerleri önce artmış, 9. kızartmadan sonra azalma göstermişlerdir.

**Çizelge 4.5.** Kızartma işlemi süresince peroksit değerleri ortalamaları (meq O<sub>2</sub> /kg yağ)

Yağ Çeşidi	Kızartma sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
Ayçiçeği yağı	3,29	10,03	26,06	32,74	33,49	35,39	30,80
Mısırözü yağı	2,92	4,75	16,40	24,68	27,14	27,54	26,61
Zeytinyağı	3,39	5,80	11,61	18,62	24,55	30,90	31,48
Soya yağı	2,33	5,95	22,45	27,27	29,61	30,63	28,21
Fındık yağı	3,57	10,22	19,15	23,31	28,98	35,04	38,38

Kızartma işlemleri sonunda elde edilen en yüksek peroksit değeri yine rafine fındık yağında (38,38 meqO<sub>2</sub>/kg) belirlenirken, en düşük peroksit değeri ise rafine mısırözü yağında (26,61 meq O<sub>2</sub>/kg) belirlenmiştir.

Kızartma işlemleri süresince yağların peroksit değerlerinin istatistiksel açıdan önemli bir değişim ortaya koyup koymadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi (Çizelge 4.6) sonucunda, hem yağ çeşidi hem de kızartma sayısının peroksit değerleri bakımından P<0,01 düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Yağ çeşidi ve kızartma sayısı arasındaki

etkileşimin de yine aynı düzeyde önemli olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.6.** Peroksit değerleri varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	418,441	104,610	62056,961**
Kızartma sayısı	6	8097,585	1349,597	800608,600**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	436,873	18,203	10798,403**
Hata	35	0,059	0,002	-
Toplam	70	39679,484	-	-
Genel toplam	69	8952,957	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli; \* P<0,05 düzeyinde önemli

Önemli bulunan varyans kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7’ye göre peroksit değerleri üzerinde P<0,01 düzeyinde etkili olan yağ çeşitlerinin peroksit değerleri bakımından istatistiksel olarak birbirinden tamamen farklı olduğu ve 5 ayrı grup oluşturduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Yağ çeşidine göre peroksit değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (meqO<sub>2</sub>/kg)</i>	<i>Gruplar</i>
Zeytinyağı	18,050	A
Mısırözü yağı	18,577	B
Soya yağı	20,921	C
Fındık yağı	22,664	D
Ayçiçeği yağı	24,543	E

Kızartma sayısının örneklerin peroksit değerleri üzerinde meydana getirdiği farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonucunda ise, her bir kızartma aşamasının peroksit değerleri bakımından farklı gruplarda yer aldığı görülmüştür (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.8.** Kızartma sayısına göre peroksit değerlerine ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (meqO<sub>2</sub>/kg)</i>	<i>Gruplar</i>
0	3,10	A
1	7,35	B
3	19,13	C
5	25,32	D
7	28,75	E
10	31,10	F
9	31,90	G



Elde ettiğimiz sonuçlarla benzer bir biçimde Kayahan (1981), Saleh ve ark. (1986), Göy ve Gül (1987), Gürtürk (1990), Che Man ve Wan Hussin (1998), Andrikopoulos ve ark. (2002a, 2002b), Krishna ve ark. (2005), Chatzilazarou ve ark. (2006) çalışmalarında yağların peroksit değerlerinin kızartma işleminin başlangıcından itibaren arttığını ve kullanılan işlem koşullarındaki maksimum düzeylerine eriştikten sonra işlem sonuna kadar bir miktar azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar bunun nedenini, peroksit değerlerinin düşük bulunduğu kızartma periyotlarında, peroksit oluşum hızının parçalanma hızından daha düşük olmasına bağlamışlardır. Çünkü yağlarda oksidatif tepkimeler sonucu oluşan peroksitler, ortamdaki koşullara bağlı olarak değişen bir hızla parçalanmakta ve ileri bozunma ürünlerine dönüşmektedirler. Başka bir ifade ile birincil bozulma ürünlerinin sekonder ürünlere dönüşmesi, örneğin maksimum peroksit sayısına ulaştıktan sonra bu değerde meydana gelen düşme ile anlaşılmaktadır.

Diğer taraftan Maskan ve Bağcı (2003) derin yağda kızartma işleminde peroksit değerlerinin sürekli olarak azaldığı belirtirken, Sağlam (1977) peroksit değerinin işlem sonunda başlangıç değerinin de altına düştüğünü belirtmektedir. Oysa elde ettiğimiz peroksit değerlerinde bir miktar düşüş yaşansa da başlangıç düzeyinin altına düşmediği görülmektedir.

Ulusoy ve ark. (2004), içinde ürün pişirilmeksizin ısıtılması durumunda bile yağların peroksit değerlerinin arttığını bildirmişlerdir.

Ortalama peroksit değerleri bakımından yağlar arasındaki sıralanmanın, başlangıç değerleri ve doymamış yağ asitleri dağılımına bağlı olarak, peroksit değerlerinin değişim hızlarında meydana gelen farklılıklar doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir. Kızartma işlemi süresince 9. kızartma sonuna kadar artan peroksit değerlerinin 10. kızartma sonrası azalması, bu noktadan sonra peroksitlerin ileri bozunma ürünlerine dönüşümü ile açıklanabilir.

Yağların genel bozulma biçimi, bileşimlerindeki doymamış moleküllerin oksijenle yükseltgendiği oksidatif bozulmalardır (Gökalp ve ark. 1996). Kızartma işleminde kullanılan yüksek sıcaklık dereceleri, kızartma ortamındaki nem miktarı, hava ile yağ arasındaki temas yüzeyi alanındaki artışlar yağlardaki bozulmaları dolayısıyla peroksit oluşumlarını daha da hızlandırmaktadır.

Oksidasyonun ilk aşamalarında oluşan peroksitler, doymamış yağ asitlerindeki çift bağlara komşu metilen gruplarında serbest radikallerin oluşumu ile başlayan bir zincirleme reaksiyon sonucudur. Bu mekanizmanın ilk basamağı tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Yağ moleküllerinde serbest radikallerin oluşumu metilen grubundaki oynak hidrojeninin ayrılmasına bağlıdır. Yağların oksidasyonun başlangıç safhasında oksijen absorpsiyonu

oldukça yavaş olup, serbest radikal (R<sup>•</sup>) bir oksijen molekülüyle etkileşerek lipid peroksi radikal (ROO<sup>•</sup>) formuna dönüşmekte, lipid peroksi radikali de daha ileri aşamada yakın bir doymamış yağ asidi (R-H) molekülünden hidrojen atomu alarak hidroperoksitleri (ROOH) oluşturmaktadır. Yayılma hızlanma aşamasında daha çok serbest radikal sağlanarak zincirin kendi kendine çoğalması sağlanmaktadır (Mörşel 1990). Kendi kendine çoğalma zinciri ise sonlanma aşaması ile durdurulabilmektedir. Lipid hidroperoksitleri kararlı yapıya sahip olmadıklarından oksidasyonun ilerlemesiyle birlikte aldehit, alkol ve hidrokarbon gibi sekonder ürünlere parçalanmaktadırlar (Nas ve ark. 2001).

#### 4.1.3. İndüksiyon Zamanları (110°C)

Denemelerde kullanılan beş farklı bitkisel sıvı yağın her biri ile 10 kez yapılan derin yağda kızartma işlemleri süresince elde edilen indüksiyon zamanlarına ait ortalamalar Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Kızartma öncesi en yüksek indüksiyon zamanı 11,6 saat değeri ile rafine fındık yağında belirlenirken, en düşük indüksiyon zamanı 6,30 saat ile rafine soya yağında belirlenmiştir. İndüksiyon zamanı beklendiği üzere kızartma işlemleri süresince sürekli olarak azalmıştır. En belirgin değişim 10. kızartmada 0,57 saate kadar azalan indüksiyon zamanı ile riviera zeytinyağında gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.9.** Kızartma işlemi süresince yağların 110°C'deki indüksiyon zamanları ortalamaları (saat)

Yağ Çeşidi	Kızartma sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
Ayçiçeği yağı	7,72	5,55	3,88	3,07	2,13	1,50	1,37
Mısırözü yağı	9,53	8,75	5,95	4,82	4,03	3,70	3,63
Zeytinyağı	11,10	8,82	5,82	2,23	0,88	0,77	0,57
Soya yağı	6,30	4,85	3,72	3,12	2,83	2,63	2,57
Fındık yağı	11,6	10,50	8,18	4,80	3,45	1,65	1,05

Kızartma işlemi süresince, yağların indüksiyon değerlerinde meydana gelen değişimde yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisinin istatistiksel açıdan öneminin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Varyans analizi bu iki faktörün yağların indüksiyon zamanlarında meydana gelen değişimdeki etkisinin P<0,01 düzeyinde önemli olduğunu ortaya koymuştur. Yağ çeşidi ve kızartma sayısı arasındaki etkileşimde istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) bulunmuştur.

**Çizelge 4.10.** 110°C’deki indüksiyon zamanları varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	68,297	17,074	8586,240**
Kızartma Sayısı	6	508,623	84,770	42628,806**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	89,579	3,732	1876,955**
Hata	35	0,070	0,002	-
Toplam	70	2186,101	-	-
Genel Toplam	69	666,569	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Önemli bulunan varyans kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.11’de yağ çeşitleri indüksiyon zamanları bakımından 5 ayrı grup oluşturduğu ve her bir yağın istatistiksel olarak birbirinden tamamen farklı olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.11.** Yağ çeşidine göre 110°C’deki indüksiyon zamanlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (saat)</i>	<i>Gruplar</i>
Ayçiçeği yağı	3,60	A
Soya yağı	3,72	B
Zeytinyağı	4,31	C
Mısırözü yağı	5,77	D
Fındık yağı	5,89	E

Kızartma sayısının örneklerin indüksiyon zamanları üzerinde meydana getirdiği farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonucunda, indüksiyon zamanları bakımından istatistiksel açıdan birbirinden tamamen farklı gruplar oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 4.12).

**Çizelge 4.12.** Kızartma sayısına göre 110°C’deki indüksiyon zamanlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (saat)</i>	<i>Gruplar</i>
10	1,84	A
9	2,05	B
7	2,66	C
5	3,61	D
3	5,51	E
1	7,69	F
0	9,25	G

Ransimat metodu, katı ve sıvı yağların oksidatif stabilite çalışmaları için uygun ve zahmetsiz metot (Laubli ve ark. 1988) olarak öngörülmektedir.

İstenilen deneme sıcaklıklarına kadar ısıtılarak oksidasyona tabii tutulan yağ örneği içerisinde kuru hava geçirilmesi ve uçucu bileşenlerin (çoğunlukla formik asit) destile su içeren absorpsiyon kabında tutulması sonucunda suyun iletkenliğinde meydana gelen hızlı değişim (artış) süresinin saat cinsinden ifade eden bir değer olan indüksiyon periyodu, örneğin oksidasyona karşı gösterdiği stabilite, dayanıklılık özelliklerini ortaya koymaktadır (Aksu ve Hışıl 2002). Buna göre örneklerin indüksiyon süreleri ne kadar fazla ise oksidasyon o kadar az gelişmiş demektir.

Bu görüşten yola çıkarak, elde ettiğimiz indüksiyon süreleri ortalamaları sonucunda yağ çeşitleri arasında oksidasyon gelişimleri açısından rafine fındık yağı>rafine mısırözü yağı>riviera zeytinyağı>rafine soya yağı>rafine ayçiçeği yağı şeklinde bir sıralama yapılabilmektedir (Çizelge 4.11).

Bonvehi ve Coll (1993), fındık yağında yaptıkları çalışmada indüksiyon zamanları ile ifade ettikleri oksidatif stabilite ve yağ asidi bileşimleri, özellikle linoleik asit, arasında önemli bir ilişki olduğunu, dolayısıyla yüksek oranda linoleik asit içeriğinin otooksidasyonun ana sebebini oluşturabileceğini ifade ederlerken, Vrbaski ve ark. (1996)'da linoleik asit oranı yüksek olan ayçiçeği yağlarının indüksiyon zamanlarının oleik asit oranı yüksek olan ayçiçeği yağlarına göre önemli düzeyde düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Mikolajczak ve ark. (1970) ise indüksiyon zamanları ile ifade ettikleri oksidatif stabilite üzerinde yağ asitleri bileşimi haricinde tokoferol, fosfatid ile iz elementlerin miktarlarının da etkili olduğunu bildirmişlerdir. Gümüşkesen (1990), Yoon ve Kim (1994), tokoferol gibi doğal antioksidantları bünyelerinde daha fazla bulduran bitkisel yağlarının indüksiyon zamanlarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yağların oda sıcaklığındaki oksidasyona karşı korunmasında etkili olan tokoferol gibi antioksidanlar, yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmadıklarından kızartma koşullarında genellikle kendileri bozunmaya uğramaktadır (Barrera Arellano ve ark. 2002, Gomez Alonso ve ark. 2003). Savage ve ark. (1997), Juarezza ve ark. (1998) gibi araştırmacılar, tokoferollerin her birindeki ve toplamdaki değişimleri doğrultusunda oksidatif stabiliteyi etkilediğini ifade etmektedirler.

Yağların indüksiyon zamanlarında belirlediğimiz düşüşler (Çizelge 4.12), gıdanın kızartılması sırasındaki nem artışı, yüksek sıcaklık dereceleri ve işlem süresine bağlı olarak yağların bozulması ile açıklanabilmekte, kızartma işlemi ilerledikçe yağların oksidasyona karşı dayanıklılığının azaldığı ifade edilebilmektedir.

Ransimat metodu (farklı sıcaklık derecelerinde) ile belirlenen indüksiyon sürelerinin

kızartma işleminin ilerlemesiyle birlikte azaldığının bildirildiği Fauziah ve ark. (2000), Andrikopoulos ve ark. (2002a)'nın çalışmaları elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

#### 4.1.4. Yağ Asitleri Bileşimleri

Denemelerde kullanılan beş farklı bitkisel sıvı yağın her biri ile 10 kez yapılan derin yağda kızartma işlemleri süresince yağ örneklerinden elde edilen yağ asidi bileşimleri, toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri, toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri, toplam *trans* yağ asitleri, toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranına ait ortalamalar Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Kızartma işleminde kullanılan tüm yağlarda toplam olarak 18 çeşit yağ asidi belirlenmiştir. Bu yağ asitleri arasında *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) ve *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>)'de yer verilmiştir.

Yağ asidi bileşimlerindeki değişimlerin daha net bir biçimde ifade edilebilmesi amacıyla doymuş ve doymamış yağ asitlerinin bazıları, *trans* yağ asitlerinin her biri, toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri, toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri, toplam *trans* yağ asitleri, toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranları ayrı ayrı istatistiksel analize tabi tutulmuş ve gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

**Çizelge 4.13.** Kızartma işlemi süresince rafine ayçiçeği yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%)

Yağ asitleri	Kızartma Sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>12:0</sub>	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03
C <sub>14:0</sub>	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,12
C <sub>14:1</sub>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
C <sub>16:0</sub>	6,90	6,97	7,21	7,58	7,94	8,15	8,55
C <sub>16:1</sub>	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13
C <sub>17:0</sub>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
C <sub>17:1</sub>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
C <sub>18:0</sub>	3,51	3,64	3,53	3,56	3,57	3,58	3,60
C <sub>18:1 trans</sub>	0,24	0,24	0,25	0,27	0,28	0,28	0,27
C <sub>18:1 cis</sub>	29,18	29,35	29,38	29,56	29,80	30,12	30,29
C <sub>18:2 trans</sub>	0,57	0,56	0,57	0,55	0,56	0,56	0,52
C <sub>18:2 cis</sub>	57,74	57,37	57,23	56,60	56,00	55,42	54,93
C <sub>18:3 trans</sub>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C <sub>18:3 cis</sub>	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,25
C <sub>20:0</sub>	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
C <sub>20:1</sub>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>20:2</sub>	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
C <sub>22:0</sub>	0,63	0,64	0,62	0,64	0,64	0,65	0,63
C <sub>24:0</sub>	0,19	0,19	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19
Toplam <i>trans</i> yağ asitleri	0,84	0,83	0,85	0,85	0,87	0,87	0,82
Toplam doymuş yağ asitleri	11,64	11,85	11,95	12,41	12,78	13,05	13,45
Toplam tekli doymamış yağ asitleri	29,64	29,81	29,84	30,04	30,27	30,59	30,74
Toplam çoklu doymamış yağ asitleri	58,72	58,34	58,21	57,55	56,95	56,36	55,81
Toplam doymamış yağ asitleri	88,36	88,15	88,05	87,59	87,22	86,95	86,55
Toplam doymamış yağ asitleri / toplam doymuş yağ asitleri	7,59	7,44	7,37	7,06	6,83	6,66	6,44

**Çizelge 4.14.** Kızartma işlemi süresince rafine soya yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%)

Yağ asitleri	Kızartma sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>12:0</sub>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>14:0</sub>	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
C <sub>14:1</sub>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>16:0</sub>	10,26	10,38	10,68	11,00	11,33	11,68	11,95
C <sub>16:1</sub>	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
C <sub>17:0</sub>	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10
C <sub>17:1</sub>	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
C <sub>18:0</sub>	4,57	4,68	4,74	4,75	4,76	4,98	5,08
C <sub>18:1 trans</sub>	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
C <sub>18:1 cis</sub>	23,01	22,83	23,28	23,23	23,53	23,68	24,01
C <sub>18:2 trans</sub>	0,21	0,23	0,23	0,20	0,22	0,21	0,22
C <sub>18:2 cis</sub>	53,39	53,32	52,62	52,45	51,93	51,34	50,70
C <sub>18:3 trans</sub>	0,29	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28
C <sub>18:3 cis</sub>	6,52	6,49	6,35	6,29	6,15	6,04	5,97
C <sub>20:0</sub>	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38
C <sub>20:1</sub>	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27
C <sub>20:2</sub>	0,13	0,13	0,13	0,10	0,10	0,09	0,09
C <sub>22:0</sub>	0,39	0,40	0,40	0,41	0,40	0,41	0,39
C <sub>24:0</sub>	0,22	0,22	0,21	0,22	0,21	0,22	0,22
Toplam <i>trans</i> yağ asitleri	0,53	0,56	0,57	0,53	0,56	0,53	0,55
Toplam doymuş yağ asitleri	15,98	16,22	16,60	16,96	17,30	17,90	18,27
Toplam tekli doymamış yağ asitleri	23,48	23,31	23,77	23,71	24,01	24,14	24,47
Toplam çoklu doymamış yağ asitleri	60,54	60,47	59,63	59,33	58,69	57,96	57,26
Toplam doymamış yağ asitleri	84,02	83,78	83,40	83,04	82,70	82,10	81,73
Toplam doymamış yağ asitleri / toplam doymuş yağ asitleri	5,26	5,17	5,02	4,90	4,78	4,59	4,47

**Çizelge 4.15.** Kızartma işlemi süresince rafine mısırözü yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%)

Yağ asitleri	Kızartma Sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>12:0</sub>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>14:0</sub>	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
C <sub>14:1</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C <sub>16:0</sub>	11,55	11,69	12,48	12,29	12,66	13,15	13,09
C <sub>16:1</sub>	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14
C <sub>17:0</sub>	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
C <sub>17:1</sub>	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C <sub>18:0</sub>	2,06	2,07	2,13	2,14	2,17	2,26	2,28
C <sub>18:1 trans</sub>	0,09	0,16	0,17	0,17	0,16	0,15	0,13
C <sub>18:1 cis</sub>	30,43	30,43	30,75	30,91	31,04	31,20	31,31
C <sub>18:2 trans</sub>	0,46	0,48	0,47	0,48	0,49	0,47	0,49
C <sub>18:2 cis</sub>	53,15	52,92	51,79	51,77	51,28	50,57	50,51
C <sub>18:3 trans</sub>	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
C <sub>18:3 cis</sub>	0,93	0,93	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88
C <sub>20:0</sub>	0,44	0,44	0,43	0,45	0,44	0,45	0,45
C <sub>20:1</sub>	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
C <sub>20:2</sub>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
C <sub>22:0</sub>	0,19	0,19	0,18	0,19	0,18	0,19	0,19
C <sub>24:0</sub>	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16
Toplam <i>trans</i> yağ asitleri	0,62	0,71	0,71	0,72	0,72	0,68	0,68
Toplam doymuş yağ asitleri	14,52	14,67	15,51	15,37	15,75	16,35	16,31
Toplam tekli doymamış yağ asitleri	30,79	30,85	31,17	31,33	31,45	31,59	31,68
Toplam çoklu doymamış yağ asitleri	54,69	54,48	53,32	53,30	52,80	52,06	52,01
Toplam doymamış yağ asitleri	85,48	85,33	84,49	84,63	84,25	83,65	83,69
Toplam doymamış yağ asitleri / toplam doymuş yağ asitleri	5,89	5,82	5,45	5,51	5,35	5,12	5,13



**Çizelge 4.16.** Kızartma işlemi süresince riviera zeytinyağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%)

Yağ asitleri	Kızartma sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>12:0</sub>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>14:0</sub>	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07
C <sub>16:0</sub>	11,91	12,07	12,41	12,60	12,96	13,25	13,36
C <sub>16:1</sub>	0,85	0,84	0,83	0,81	0,78	0,78	0,75
C <sub>17:0</sub>	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11
C <sub>17:1</sub>	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
C <sub>18:0</sub>	2,75	2,77	2,78	2,80	2,81	2,88	2,90
C <sub>18:1 trans</sub>	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
C <sub>18:1 cis</sub>	72,83	72,72	72,37	72,27	71,96	71,83	71,83
C <sub>18:2 trans</sub>	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
C <sub>18:2 cis</sub>	9,69	9,65	9,65	9,53	9,51	9,31	9,24
C <sub>18:3 trans</sub>	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03
C <sub>18:3 cis</sub>	0,93	0,92	0,90	0,90	0,89	0,85	0,83
C <sub>20:0</sub>	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46
C <sub>20:1</sub>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
C <sub>22:0</sub>	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13
C <sub>24:0</sub>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Toplam <i>trans</i> yağ asitleri	0,12	0,11	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12
Toplam doymuş yağ asitleri	15,41	15,59	15,95	16,18	16,56	16,95	17,08
Toplam tekli doymamış yağ asitleri	73,87	73,75	73,39	73,28	72,94	72,78	72,75
Toplam çoklu doymamış yağ asitleri	10,72	10,66	10,66	10,54	10,50	10,27	10,17
Toplam doymamış yağ asitleri	84,59	84,41	84,05	83,82	83,44	83,05	82,92
Toplam doymamış yağ asitleri / toplam doymuş yağ asitleri	5,49	5,41	5,27	5,19	5,04	4,90	4,86

**Çizelge 4.17.** Kızartma işlemi süresince rafine fındık yağının yağ asidi bileşimleri ortalamaları (%)

Yağ asitleri	Kızartma sayısı						
	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>12:0</sub>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>14:0</sub>	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08
C <sub>16:0</sub>	5,20	5,43	5,64	5,86	6,18	6,64	6,77
C <sub>16:1</sub>	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,19	0,18
C <sub>17:0</sub>	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05
C <sub>17:1</sub>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
C <sub>18:0</sub>	2,30	2,30	2,36	2,36	2,38	2,46	2,47
C <sub>18:1 trans</sub>	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12
C <sub>18:1 cis</sub>	76,95	76,93	76,70	76,79	76,59	76,08	76,08
C <sub>18:2 trans</sub>	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>18:2 cis</sub>	14,71	14,50	14,43	14,13	13,98	13,90	13,77
C <sub>18:3 trans</sub>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>18:3 cis</sub>	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12
C <sub>20:0</sub>	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14
C <sub>20:1</sub>	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
C <sub>22:0</sub>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
C <sub>24:0</sub>	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Toplam <i>trans</i> yağ asitleri	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16
Toplam doymuş yağ asitleri	7,78	8,01	8,30	8,53	8,88	9,46	9,60
Toplam tekli doymamış yağ asitleri	77,36	77,34	77,11	77,18	76,98	76,48	76,47
Toplam çoklu doymamış yağ asitleri	14,86	14,65	14,59	14,29	14,14	14,06	13,93
Toplam doymamış yağ asitleri	92,22	91,99	91,70	91,47	91,12	90,54	90,40
Toplam doymamış yağ asitleri / toplam doymuş yağ asitleri	11,85	11,48	11,05	10,72	10,26	9,57	9,42

#### 4.1.4.1. Doymuş yağ asitleri

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, beş farklı bitkisel sıvı yağın her biri ile 10 kez yapılan derin yağda kızartma işlemleri süresince yağ örneklerinde, miristik asit (C<sub>14:0</sub>), palmitik asit (C<sub>16:0</sub>), heptadekanoik asit (C<sub>17:0</sub>), stearik asit (C<sub>18:0</sub>), araşidik asit(C<sub>20:0</sub>), behenik asit(C<sub>22:0</sub>) ve lignoserik asit (C<sub>24:0</sub>) olmak üzere 7 çeşit doymuş yağ asitleri belirlenmiştir. Söz konusu beş farklı yağda bulunan bu yağ asitleri arasında palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) ve stearik asit (C<sub>18:0</sub>) gerek oranları gerekse değişimleri bakımından önemli bulunmuştur. Bu nedenle de palmitik asit (C<sub>16:0</sub>), stearik asit (C<sub>18:0</sub>), toplam doymuş yağ asitleri oranlarının yağ çeşidi, kızartma sayısı ve yağ çeşidi ile kızartma sayısı arasındaki etkileşime bağlı olarak ortaya koyduğu farklılıkların belirlenmesi için varyans analizleri yapılması uygun görülmüştür.

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Varyans analizleri ve ilgili Duncan test sonuçları palmitik asit (C<sub>16:0</sub>), stearik asit (C<sub>18:0</sub>), toplam doymuş yağ asitleri oranları başlıkları altında ayrı ayrı verilmiş ve gereken değerlendirmeler yapılmıştır.

##### 4.1.4.1.1. Palmitik asit (C<sub>16:0</sub>)

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, yağların kızartma öncesi palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) oranlarının rafine fındık yağında belirlenen en düşük değer olan %5,20 ile riviera zeytinyağındaki % 11,91'lik maksimum değerler arasında değiştiği görülmektedir. Palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) oranları kızartma işlemleri süresince rafine mısırözü yağı haricinde düzenli olarak artış göstermiştir. Rafine mısırözü yağında iniş çıkışlarla bu artış gerçekleşmiştir. Kızartma işlemleri sonunda, yine benzer şekilde en düşük palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) oranı rafine fındık yağında (%6,77) belirlenirken, en yüksek oran riviera zeytinyağında (%13,36) olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.18.** Palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	503,164	125,791	728,921**
Kızartma sayısı	6	21,960	3,660	21,208**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,535	0,022	0,129
Hata	35	6,040	0,173	-
Toplam	70	7442,783	-	-
Genel Toplam	69	531,698	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarları üzerine yağ çeşidi ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, söz konusu nitelik üzerine bu iki faktörün istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde etkili olduğu, buna karşın iki faktör arasındaki etkileşimin palmitik asit miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide (P>0,05) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

**Çizelge 4.19.** Yağ çeşidine göre palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
Fındık yağı	5,96	A
Ayçiçek yağı	7,61	B
Soya yağı	11,04	C
Mısırözü yağı	12,42	D
Zeytinyağı	12,65	D

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitlerinin ortalama palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarları bakımından 4 ayrı grup oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 4.19). Buna göre rafine mısırözü ve riviera zeytinyağının palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarları arasında meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,01).

Kızartma sayılarına göre yağların palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarlarında meydana gelen farklılıkları belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır (Çizelge 4.20). Buna göre, istatistiksel olarak birbirinden farklı 6 grubun ortaya çıktığı görülmektedir.

**Çizelge 4.20.** Kızartma sayısına göre palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
0	9,16	A
1	9,31	AB
3	9,68	BC
5	9,87	CD
7	10,21	DE
9	10,57	EF
10	10,74	F

Kızartma sayılarına göre ortalama palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarlarının, kızartma işleminin doğası gereği yağların bozunması ve işlemleri süresinin bir fonksiyonu olarak bu bozunmaların ilerlemesiyle sürekli olarak arttığı görülmektedir.

Yağların tümünde artan bir değişim göstermesine rağmen ortalama palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarları bakımından yağ çeşitleri arasındaki sıralanmanın kızartma işlemi öncesindeki miktarları doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir.

Houhoula ve ark. (2002) ve Gerde ve ark. (2007) kızartma işlemi süresince palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarlarındaki işlem süresinin bir fonksiyonu olarak artışlar meydana geldiği belirlemişlerdir. Doymamış yağ asitleri üzerinden yürüyen otooksidasyon olaylarının kızartma işlemi koşullarındaki yüksek sıcaklık, nem, yağ ile temastaki hava miktarına bağlı olarak hızlanmasıyla doymamış yağ asitlerindeki çift bağların kopması ve daha küçük molekül ağırlığındaki maddelere dönüşümleri palmitik asit artışında etkilidir (Ünsal ve ark. 1992).

Ulusoy ve ark. (2005) yağların derin kızartıcıda yalnızca ısıtılmasında dahi palmitik asit (C<sub>16:0</sub>) miktarında sürekli bir artış söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Palmitik asit içeriğinde kızartma işlemi sonucunda elde ettiğimiz artışlara karşın Daniel ve ark. (2005) palmitik asit içeriğinde (%50 oranında) önemli bir düşüş kaydedildiğini bildirmişlerdir.

Normal koşullarda oluşan otooksidasyon tepkimelerinden farklı olarak, kızartma işlemi sırasında oluşan oksidatif tepkimeler, 60°C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta gerçekleştiğinden, aslında bir termik oksidasyondur. Bu oksidasyon tipinde oluşan hidroperoksitlerin parçalanma ürünleri çok aktif maddeler olup yeni tepkimelerin başlamasına esas aktif radikallerin oluşumunda, allil gruba bağlı karbon atomunun seçiciliği ortadan kalkmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak, doymuş yağ asitlerinde de kuvvetli oksidatif tepkimeler meydana gelmekte ve ortamda, başta metil ketonlar olmak üzere, oldukça önemli miktarda ve sayılmayacak kadar çeşitlilikte oksidasyonu ürünleri oluşmaktadır (Kayahan 2002). Bu durum palmitik asit oranlarında belirlenen azalmayı açıklanmaya da yardımcı olmaktadır.

#### **4.1.4.1.2.Stearik asit (C<sub>18:0</sub>)**

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağların stearik asit (C<sub>18:0</sub>) oranlarının rafine mısırözü yağında en düşük değer olan %2,06 ile rafine soya yağındaki %4,57'lik maksimum değerler arasında değiştiği görülmektedir. Stearik asit (C<sub>18:0</sub>) oranları kızartma işlemleri süresince tüm yağlarda sürekli artış göstermiştir. Kızartma işlemleri sonunda, yine benzer şekilde en düşük stearik asit (C<sub>18:0</sub>) oranları rafine mısırözü yağında (%2,28) belirlenirken, en yüksek oran rafine soya yağında (%5,08) belirlenmiştir.

Stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarları üzerine yağ çeşidi ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, söz konusu nitelik üzerine yağ çeşidinin istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Kızartma sayısının ve bu iki faktör arasındaki etkileşimin ise stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide (P>0,05) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.21.** Stearik asit (C<sub>18:0</sub>) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	63,858	15,964	95,932**
Kızartma sayısı	6	0,410	0,068	0,411
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,156	0,006	0,039
Hata	35	5,824	0,166	-
Toplam	70	760,231	-	-
Genel Toplam	69	70,248	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitlerinin stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarları bakımından 4 ayrı grup oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 22). Buna göre, rafine fındık ve mısırözü yağlarının stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarları arasında meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemsiz (P>0,01) bulunmuştur (Çizelge 4.22).

**Çizelge 4.22.** Yağ çeşidine göre stearik asit (C<sub>18:0</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
Mısırözü yağı	2,16	A
Fındık yağı	2,38	A
Zeytinyağı	2,82	B
Ayçiçeği yağı	3,55	C
Soya yağı	4,79	D

Kızartma sayılarına göre yağların stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarlarında meydana gelen farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmesine bağlı olarak aynı grup içerisinde yer aldıkları Duncan testi sonucunda görülebilmektedir (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23.** Kızartma sayısına göre stearik asit (C<sub>18:0</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
0	3,04	A
1	3,07	A
3	3,11	A
5	3,12	A
7	3,14	A
9	3,23	A
10	3,27	A

Kızartma sayılarına göre ortalama stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarlarının, yağlarda yüksek işlem sıcaklıklarında gıdaların kızartılması sırasında işlem süresinin ilerlemesiyle artan nem ve yağ ile temastaki hava miktarına bağlı olarak hızlanan bozunmaların bir sonucu olarak istatistiksel açıdan önemsiz de olsa sürekli arttığı görülmektedir (Çizelge 4.23). Kızartma işleminde kullandığımız bitkisel sıvı yağlar içinde en yüksek ortalama stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarının en düşük doymamışlığa sahip rafine soya yağında belirlendiği, bu bakımından yağ çeşitleri arasındaki sıralanmanın ise kızartma işlemi öncesinde rafine yağlardaki miktarlar doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 4.22).

Stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarlarında elde ettiğimiz artışlar, kızartma işlemi sırasında doymamış yağ asitlerinin bozunarak daha küçük molekül ağırlığındaki bileşiklere dönüşümleri ve buna bağlı olarak doymamış yağ asitleri oranlarında meydana gelen azalmalarla açıklanmaktadır (Ünsal ve ark. 1992).

Benzer bir sonuçla, Gerde ve ark. (2007) kızartma işlemi süresince stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarlarının arttığını ifade ederken, Ulusoy ve ark. (2005) yağların derin kızartıcıda yalnızca ısıtılmasında dahi aynı sonucun elde edildiğini bildirmişlerdir. Buna karşın, Daniel ve ark. (2005) çeşitli yağların stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarlarında işlem koşullarına bağlı olarak bir düşüş kaydedildiğini bildirmişlerdir. Stearik asit (C<sub>18:0</sub>) miktarlarındaki azalmalar, bu yağ asidinde kuvvetli oksidatif tepkimelerin meydana gelmesiyle çeşitli oksidasyonu ürünlerine dönüşümle de açıklanabilmektedir (Kayahan 2002). Yağların oksidasyonunda başlangıç olarak kabul edilen aktif radikal oluşumunda her ne kadar ısı, ışık, çok değerlikli metaller etkin olsa da bu oluşumda gerekli enerji miktarı, karbon atomlarındaki bağlı hidrojen sayısı ve çift bağ sayısına göre değişmektedir. Buna göre çift bağ içermeyen stearik asitte oksidasyon görece hızı 1 olurken, oleik asitte 100, linoleik asitte 1200, linolenik asitte ise 2500 olmaktadır.

#### 4.1.4.1.3. Toplam doymuş yağ asitleri

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağların toplam doymuş yağ asidi oranlarının rafine fındık yağında en düşük değer olan %7,78 ile rafine soya yağındaki %15,98'lik maksimum değerler arasında değiştiği görülmektedir. Kızartma işlemleri sonunda toplam doymuş yağ asidi oranlarının tüm yağlarda arttığı, bu durumun bir artan bir azalan değişimlerin görüldüğü mısır yağı dışındaki yağlarda işlem boyunca süreklilik arz ettiği görülmektedir.

Kızartma işlemleri sonunda, kızartma öncesindekiyle benzer şekilde en düşük toplam doymuş yağ asidi oranı rafine fındık yağında (%9,60) belirlenirken, en yüksek oran soya yağında (%18,27) olarak belirlenmiştir.

Toplam doymuş yağ asidi oranları üzerine yağ çeşidi ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, söz konusu nitelik üzerine bu iki faktörün istatistiksel olarak  $P < 0,01$  düzeyinde etkili olduğu, buna karşın iki faktör arasındaki etkileşimin toplam doymuş yağ asidi oranları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide ( $P > 0,05$ ) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

**Çizelge 4.24.** Toplam doymuş yağ asidi oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	665,833	166,458	934,739**
Kızartma Sayısı	6	30,568	5,095	28,609**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,820	0,034	0,192
Hata	35	6,233	0,178	-
Toplam	70	14369,188	-	-
Genel Toplam	69	703,454	-	-

\*\*  $P < 0,01$  düzeyinde önemli \*  $P < 0,05$  düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitlerinin toplam doymuş yağ asidi oranları bakımından birbirinden tamamen farklı gruplarda yer aldığı görülmektedir (Çizelge 25).

**Çizelge 4.25.** Yağ çeşidine göre toplam doymuş yağ asidi oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P < 0,01$ )

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
Fındık yağı	8,65	A
Ayçiçek yağı	12,43	B
Mısırözü yağı	15,50	C
Zeytinyağı	16,25	D
Soya yağı	17,03	E



Kızartma sayıları göre yağların toplam doymuş yağ asidi miktarlarında meydana gelen farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Bunun sonucunda ise kızartma sayıları arasında toplam doymuş yağ asidi miktarları bakımından istatistiksel olarak birbirinden farklı 4 grubun ortaya çıktığı görülmektedir (Çizelge 4.26).

**Çizelge 4.26.** Kızartma sayısına göre toplam doymuş yağ asidi oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P<0,01$ )

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
0	13,07	A
1	13,25	A
3	13,66	B
5	13,89	BC
7	14,25	C
9	14,74	D
10	14,94	D

Kızartma sayısı yada kullanım süresine göre ortalama toplam doymuş yağ asidi oranlarının, yüksek sıcaklıklarda gıdaların kızartılmasıyla artan nem ve yağ ile temastaki hava miktarına bağlı olarak yağların bozunması diğer bir ifadeyle doymamış yağ asitleri oranlarının azalmasıyla birlikte sürekli olarak arttığı ifade edilebilir (Ünsal ve ark. 1992). Toplam doymuş yağ asidi içeriğindeki değişimler, stearik asidin palmitik aside göre daha stabil olması nedeniyle palmitik asitteki değişimler doğrultusunda şekillenmiştir.

Kızartma işleminde kullandığımız bitkisel sıvı yağlar arasındaki toplam doymuş yağ asidi oranları bakımından sıralanmanın yağların doymamışlık dereceleri doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir. En yüksek ortalama en düşük doymamışlığa sahip rafine soya yağında en düşük değer ise en yüksek doymamışlığa sahip rafine fındık yağında belirlenmiştir.

Houhoula ve ark. (2002), Gerde ve ark. (2007), Ulusoy ve ark. (2005) ve Chatzilazarou ve ark. (2006) derin yağda kızartma işlemi sırasında yağlarının toplam doymuş yağ asidi içeriğinin arttığı ortaya konmuştur. Bu artışın nedeni ise, kızartma işlemi koşullarındaki yüksek sıcaklık, nem, yağ ile temastaki hava miktarına bağlı olarak hızlanan ootoksidasyon olayları sonucu doymamış yağ asitlerindeki çift bağların bozunması ve doymuş yağ asitlerinin oluşumuyla açıklanmaktadır (Ünsal ve ark. 1992).

#### 4.1.4.2. Doymamış yağ asitleri

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, beş farklı bitkisel sıvı yağın her biri ile 10 kez yapılan derin yağda kızartma işlemleri süresince yağ örneklerinde, miristoleik asit (C<sub>14:1</sub>), palmitoleik asit (C<sub>16:1</sub>), heptadekenoik asit (C<sub>17:1</sub>), toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>), *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>), toplam *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>), *cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>), toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>), *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>), eikosenoik (gadoleik) asit (C<sub>20:1</sub>), eikosadienoik asit (C<sub>20:2</sub>) olmak üzere 11 çeşit doymamış yağ asidi belirlenmiştir.

Söz konusu beş farklı yağda bulunan bu yağ asitleri arasında toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>), *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>), toplam *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>), *cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>), toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>), *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları ve değişimleri önem arz etmektedir. Bu nedenle de söz konusu bu *cis* ve *trans* yağ asitlerinin her biri, toplam tekli ve toplam çoklu doymamış yağ asitleri, toplam *trans* yağ asitleri, toplam doymamış yağ asitleri oranlarının yağ çeşidi, kızartma sayısı ve yağ çeşidi ile kızartma sayısı arasındaki etkileşime bağlı olarak ortaya koyduğu farklılıkların belirlenmesi için varyans analizleri yapılması uygun görülmüştür.

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Varyans analizleri ve ilgili Duncan test sonuçları *cis* ve *trans* yağ asitlerinin her biri, toplam tekli ve toplam çoklu doymamış yağ asitleri, toplam *trans* yağ asitleri, toplam doymamış yağ asitleri başlıkları altında ayrı ayrı verilmiş ve gereken değerlendirmeler yapılmıştır.

##### 4.1.4.2.1. Toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>)

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağlarda en yüksek ortalama toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranının %0,24 ile rafine ayçiçeği yağında, en düşük ortalama toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranının ise %0,02 değeri ile riviera zeytinyağında belirlendiği görülmektedir. Kızartma işlemi süresince ortalama toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranlarının önemli bir değişim göstermediği ve kızartma işlemleri sonunda neredeyse aynen kaldığı görülmektedir.

Kızartma işlemi sonunda en yüksek *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranı %0,27 ile yine rafine ayçiçeği yağında belirlenirken, en düşük *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranı %0,02 ile riviera zeytinyağında tespit edilmiştir.

Toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) içerikleri üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlenmek için yapılan varyans analizi sonucunda, hem yağ çeşidi hem de kızartma sayısının toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranları üzerine istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde etkili olduğu belirlenirken, bu iki faktör arasındaki etkileşimin de yine aynı düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

**Çizelge 4.27.** Toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yağ çeşidi	4	0,452	0,113	150,179**
Kızartma sayısı	6	0,020	0,003	4,485**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,048	0,002	2,674**
Hata	35	0,026	0,001	-
Toplam	70	1,589	-	-
Genel Toplam	69	0,547	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitlerinin ortalama toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranları bakımından 4 grup oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 4.28). Buna göre rafine soya yağı ve riviera zeytinyağı ortalama toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranları arasında meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,01).

**Çizelge 4.28.** Yağ çeşidine göre toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları(P<0,01)

Yağ çeşidi	Ortalamalar(%)	Gruplar
Soya yağı	0,040	A
Zeytinyağı	0,049	A
Fındık yağı	0,113	B
Mısırözü yağı	0,147	C
Ayçiçeği yağı	0,261	D

Kızartma sayılarına göre yağların ortalama toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranlarında meydana gelen farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda ise kızartma sayıları arasında ortalama toplam *trans* oleik (C<sub>18:1</sub>) asit oranları bakımından istatistiksel olarak birbirinden farklı 2 grup olduğu görülmektedir (Çizelge 4.29).

**Çizelge 4.29.** Kızartma sayısına göre toplam *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
0	0,098	A
1	0,112	A
3	0,118	A
10	0,118	A
5	0,124	A
7	0,126	A
9	0,158	B

Doymamış yağ asitlerinde çift bağların yer aldığı karbonlara bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna bağlı olarak *cis* ve *trans* konfigürasyonlu iki geometrik izomer bulunur (Nas ve ark. 1998). Molekül içinde çift bağların yer değiştirmeksizin, *cis* izomerlerde karbon zincirinin aynı tarafındaki hidrojen atomlarının aksi yönlerde yer alması ile *trans* izomerler oluşmaktadır (Mensink ve Katan 1990).

Her ne kadar *trans* yağ asitlerinin kızartma işleminden kaynaklandığı düşünülse de gıdalarda bulunan *trans* yağ asitlerinin büyük bir kısmının işlemin kendisinden değil, işlemde kullanılan yağdan kaynaklandığı (Mensink ve Katan 1990, Zock ve Katan 1992), kızartma işleminin ısı muameleye bağlı olarak daha çok *trans* yağ asitlerindeki artışta etkili olduğu bildirilmiştir (Pozo-Diez ve ark. 1995).

Steinhart ve Pfalzgraf (1994), rafine sıvı yağlarda *trans* yağ asitlerinin bulunmadığı ifade edilirken diğer taraftan rafine sıvı yağlarda *trans* yağ asidi izomerlerinin belirlendiği ve bunun rafinasyonun deodorizasyon aşamasındaki yüksek sıcaklıktaki buhar muamelesinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Sanjuan 1996, Duchateau ve ark. 1996). Romero ve ark. (2000), rafine sıvı yağların hiçbirinde rastlamayan elaidik (*trans* oleik) asidin kızartma işlemi sırasında meydana geldiğini bildirirken, Pozo-Diez (1995) elaidik asit oranının kızartma sayısına paralel bir biçimde arttığını bildirmiştir.

Kızartma işleminde kullandığımız rafine yağların tümünde *trans* oleik asit izomerleri belirlenmiş olup toplam *trans* oleik asit oranlarına ait en yüksek ortalamanın ayçiçeği yağında olması başlangıç değerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Kızartma işleminin ilerlemesiyle birlikte (7. kızartma sonrası hızla) artan toplam *trans* oleik asit ortalamalarının 9. kızartma sonrasında azaldığı görülmekteyken, toplam *trans* oleik asit oluşumu açısından sistematik değişim görülmemektedir.

Türk Gıda Kodeksi yemeklik zeytinyağı ve yemeklik prina yağı hakkındaki tebliğde riviera zeytinyağın kalite ve saflık kriterleri içerisinde *trans* oleik (C<sub>18:1</sub>) asit oranı için %0,20

düzeyinde yasal limit belirlenmiştir (Anonim 1998). Türk Gıda Kodeksi bitki adı ile anılan yemeklik yağlar tebliğinde ise diğer sıvı yağlar için *trans* oleik (C<sub>18:1</sub>) asit oranları ile ilgili bir limit yer almamaktadır (Anonim 2001). Riviera zeytinyağında belirlediğimiz *trans* oleik asit oranları kızartma işlemi öncesi ve sonrasında yasal sınırları aşmamıştır.

#### 4.1.4.2.2. *Cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>)

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde kızartma öncesi yağlarda en yüksek ortalama *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranının (%76,95) rafine fındık yağında, en düşük ortalama *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranının ise (%23,01) rafine soya yağında belirlendiği görülmektedir. Kızartma işlemi sonunda da benzer bir durum söz konusu olup en yüksek *trans* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranının yine rafine fındık yağında, en düşük *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranının da rafine soya yağında belirlendiği görülmektedir.

Rafine ayçiçeği yağı, rafine mısırözü yağı ve rafine soya yağında tespit edilen *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranları kızartma işlemi süresince artmıştır. Buna karşın rafine fındık (%76,95) ve riviera zeytinyağında (%72,83) *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranlarının kızartma işlemi sırasında azaldığı ve bu işlem sonunda rafine fındık yağında %76,08, riviera zeytinyağında %71,83'e kadar düştüğü saptanmıştır.

**Çizelge 4.30.** *Cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	36842,763	9210,691	50058,102**
Kızartma sayısı	6	0,433	0,072	0,392
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	8,733	0,364	1,978*
Hata	35	6,440	0,184	-
Toplam	70	188541,544	-	-
Genel Toplam	69	36858,369	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

*Cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranları üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda *cis* oleik asit (C<sub>18:1</sub>) oranları üzerine yağ çeşidinin etkisi istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde önemli bulunurken, kızartma sayısının etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Yağ çeşidi ve kızartma sayısı arasındaki etkileşimin ise istatistiksel açıdan P<0,05 düzeyinde etkili olduğu görülmüştür.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitlerinin ortalama *cis* oleik asit ( $C_{18:1}$ ) oranları bakımından 5 ayrı grup oluşturdukları görülmektedir (Çizelge 4.31).

**Çizelge 4.31.** Yağ çeşidine göre *cis* oleik asit ( $C_{18:1}$ ) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P<0,01$ )

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
Soya yağı	23,367	A
Ayçiçek yağı	29,669	B
Mısırözü yağı	30,867	C
Zeytinyağı	72,259	D
Fındık yağı	76,589	E

Kızartma sayılarına göre yağların *cis* oleik asit ( $C_{18:1}$ ) oranlarında meydana gelen farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmesine bağlı olarak aynı grup içerisinde yer aldıkları Duncan testi sonucunda görülebilmektedir (Çizelge 4.32).

**Çizelge 4.32.** Kızartma sayısına göre *cis* oleik asit ( $C_{18:1}$ ) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
1	46,452	A
0	46,480	A
3	46,496	A
5	46,552	A
9	46,582	A
7	46,584	A
10	46,704	A

Ortalama *cis* oleik asit ( $C_{18:1}$ ) oranları bakımından yağ çeşitleri arasındaki sıralanmanın kızartma işlemi öncesinde rafine yağlardaki oranlar doğrultusunda gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, kızartma işlemi süresince yağların bazılarında artan, bazılarında ise azalan bir değişim göstermesine bağlı olarak ortalama *cis* oleik asit ( $C_{18:1}$ ) oranlarının kızartma sayıları arasındaki değişimlerinde önemli farklılıklar bulunmamaktadır. Buna karşın kızartma işlemi sonunda bu değerlerin bir miktar arttığı görülmektedir.

Kızartma işlemi sırasında meydana gelen otooksidasyon olayları yağlarda yaygın olarak bulunan oleik, linoleik ve linolenik asitler üzerinden yürümektedir (Hamilton 1989). Doymamış yağ asitlerinin oksijen ile yükseltgenmesi ile daha küçük molekül ağırlığındaki yağ asitlerine dönüşümler görülmektedir (Ünsal ve ark. 1992). Doymamışlık derecesindeki artışla birlikte yağ asitlerindeki bozulma hızı da aynı oranlarda artmaktadır, bu nedenle de tekli doymamış bir yağ asidi olan oleik asit çoklu doymamış yağ asitlerine göre daha stabildir

(Tyagi ve Vasistha 1996).

Rafine ayçiçeği yağı, rafine mısırözü yağı ve rafine soya yağında tespit edilen *cis* oleik asit ( $C_{18:1}$ ) miktarlarında işlem süresince tespit edilen artışlar, bu yağlarda ağırlıklı olarak çoklu doymamış yağ asitlerinin yer alması ve oleik asitte meydana gelen oksidasyon oranının, linoleik ve linolenik asitlerdeki oksidasyon oranlarının çok altında olması ile açıklanmaktadır (Rossi ve ark. 2007). Buna karşın rafine fındık ve riviera zeytinyağında ağırlıklı olarak tekli doymamış yapıdaki *cis* oleik ( $C_{18:1}$ ) asidinin yer alması nedeniyle oksidasyon daha çok oleik asit üzerinden gerçekleşmiş ve oleik asit oranlarında bir azalma belirlenmiştir.

Benzer olarak Houhoula ve ark. (2002) kızartma işlemi süresince oleik asit miktarında bir azalma bildirilmekteyken, Gerde ve ark. (2007) soya yağlarında oleik asit miktarlarının arttığını ifade etmişlerdir. Yağların derin kızartıcıda yalnızca ısıtılması durumunda oleik asit ( $C_{18:1}$ ) miktarlarının önce bir miktar azalsa bile daha sonrasında sürekli arttığını bildiren Ulusoy ve ark. (2005), bu artışı çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyon sonucunda kendilerine göre daha stabil olan oleik aside dönüşümü ile açıklamışlardır. Palm ve hindistan cevizi yağlarında kızartma işlemi süresince oleik asit miktarındaki değişimin önemsiz olduğu bildirilmiştir (Che Man ve Wan Hussin 1998).

#### **4.1.4.2.3. Toplam *trans* linoleik asit ( $C_{18:2}$ )**

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde kızartma öncesi yağlarda en yüksek ortalama toplam *trans* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranının rafine ayçiçeği yağında %0,57, en düşük ortalama toplam *trans* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranının ise rafine fındık yağında %0,01 olarak belirlendiği görülmektedir. 10. kızartma sonrasında ortalama toplam *trans* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranlarının kızartma öncesi değerine göre rafine ayçiçeği yağında azalmış, diğer yağlarda ise artmıştır. Kızartma işlemi sonunda da en yüksek değer ayçiçek yağında, en düşük değer ise yine rafine fındık yağında belirlenmiştir.

Toplam *trans* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranları üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, yağ çeşidinin toplam *trans* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranları üzerine istatistiksel olarak  $P < 0,01$  düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Kızartma sayısının ve bu iki faktör arasındaki etkileşimin ise toplam *trans* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide ( $P > 0,05$ ) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

**Çizelge 4.33.** Toplam *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yağ çeşidi	4	3,253	0,813	755,620**
Kızartma sayısı	6	0,001	0,000	0,147
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,006	0,000	0,238
Hata	35	0,038	0,001	-
Toplam	70	8,283	-	-
Genel Toplam	69	3,298	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitlerinin ortalama *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranları bakımından 5 ayrı grup oluşturdukları görülmektedir (Çizelge 4.31).

**Çizelge 4.34.** Yağ çeşidine göre *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

Yağ çeşidi	Ortalamalar (%)	Gruplar
Fındık yağı	0,017	A
Zeytinyağı	0,067	B
Soya yağı	0,217	C
Mısırözü yağı	0,477	D
Ayçiçeği yağı	0,556	E

Kızartma sayılarına göre yağların *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarında meydana gelen farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmesine bağlı olarak aynı grup içerisinde yer aldıkları Duncan testi sonucunda görülebilmektedir (Çizelge 4.35).

**Çizelge 4.35.** Kızartma sayısına göre *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları

Kızartma sayısı	Ortalamalar (%)	Gruplar
0	0,262	A
5	0,264	A
10	0,264	A
9	0,266	A
1	0,268	A
3	0,272	A
7	0,272	A

Doymamış yağ asidi olarak linoleik asidin (C<sub>18:2</sub>) hakim olduğu rafine ayçiçeği, soya ve mısırözü yağlarında ortalama *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarının da yüksek olduğu



görülmektedir (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15). Benzer linoleik asit içeriklerine rağmen, rafine ayçiçeği ve rafine mısırözü yağlarına göre rafine soya yağında daha düşük *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarının görülmesi ise linolenik asit oranları arasındaki farklılıklardan kaynaklanabilir.

Kızartma aşamaları ile *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarının bir artıp bir azaldığı görülmekteyken, bu oluşumda kızartma işleminin meydana getirdiği sistematik bir değişim görülmemektedir.

Rafine sıvı yağlarda *trans* yağ asitlerinin olmadığı (Steinhart ve Pfalzgraf 1994) ve rafinasyon işlemi ile *trans* yapı oluşmadığını bildirmekteyken (Kayahan ve ark.1996); Greyt ve ark. (1996), rafine bitkisel sıvı yağlarda *trans* yağ asitlerinin özellikle *trans* C<sub>18:2</sub> ve *trans* C<sub>18:3</sub> ün rafinasyon işleminin deodorizasyon aşamasındaki yüksek sıcaklığın etkisi etkisi ile oluştuğunu bildirmektedirler.

Kızartma işlemi sırasındaki *trans* yağ asitleri artışının ısı muamelesinden kaynaklanmaktadır (Pozo-Diez ve ark. 1995). Romero ve ark. (2000), kızartma öncesinde ekstra sızma zeytinyağında bulunmayan *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) izomerlerinin işlem sırasında oluştuğunu, ayçiçeği yağlarında belirlenen *trans* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarının da işlem süresince arttığı bildirilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi yemeklik zeytinyağları hakkındaki tebliğde riviera zeytinyağı yağ asidi bileşimlerinde toplam *trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit ve toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları toplamı için %0,30 düzeyinde yasal limit belirlenmiştir (Anonim 1998). Türk Gıda Kodeksi bitki adı ile anılan yemeklik yağlar tebliğinde ise riviera zeytinyağı ve diğer sıvı yağlar için *trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit oranları ile ilgili bir limit yer almamaktadır (Anonim 2001).

#### 4.1.4.2.4. *Cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>)

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağların *cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarının riviera zeytinyağındaki en düşük değer olan %9,69 ile rafine ayçiçeği yağındaki %57,73'lük maksimum değerler arasında değiştiği görülmektedir. *Cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarının kızartma işlemleri süresince tüm yağlarda düzenli bir biçimde azalmıştır. Kızartma işlemleri sonunda, yine benzer şekilde en düşük *cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranı riviera zeytinyağında (%9,24) belirlenirken, en yüksek oran rafine ayçiçeği yağında (%54,93) belirlenmiştir.

*Cis* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranları üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlenmek için yapılan varyans analizi sonucunda, hem yağ çeşidi hem de kızartma sayısının *cis* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranları üzerinde istatistiksel olarak  $P<0,01$  düzeyinde etkili olduğu belirlenirken, bu iki faktör arasındaki etkileşimin de yine aynı düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.36).

**Çizelge 4.36.** *Cis* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	29454,808	7363,702	45535,259**
Kızartma sayısı	6	30,827	5,138	31,771**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	9,700	0,404	2,499**
Hata	35	5,660	0,162	-
Toplam	70	124465,677	-	-
Genel Toplam	69	29500,995	-	-

\*\*  $P<0,01$  düzeyinde önemli \* $P<0,05$  düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitleri arasında ortalama *cis* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranları bakımından istatistiksel olarak birbirinden farklı 5 grubun olduğu görülmektedir (Çizelge 4.37).

**Çizelge 4.37.** Yağ çeşidine göre *cis* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P<0,01$ )

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
Zeytinyağı	9,511	A
Fındık yağı	14,203	B
Mısırözü yağı	51,713	C
Soya yağı	52,250	D
Ayçiçeği yağı	56,486	E

Kızartma sayıları göre yağların ortalama *cis* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranlarında meydana gelen farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda ise kızartma sayıları arasında ortalama *cis* linoleik asit ( $C_{18:2}$ ) oranları bakımından istatistiksel olarak birbirinden farklı 4 grup olduğu görülmektedir (Çizelge 4.38).

**Çizelge 4.38.** Kızartma sayısına göre *cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranlarına ait ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
10	35,830	A
9	36,108	A
7	36,540	B
5	36,896	BC
3	37,144	C
1	37,574	D
0	37,736	D

Ortalama *cis* linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) oranları bakımından en yüksek değerler bu yağ asidinin ağırlıklı olarak yer aldığı rafine ayçiçeği, soya ve mısırözü yağlarında görülmekteyken, bu açıdan yağlar arasındaki sıralamanın başlangıç yağ asidi bileşimleri doğrultusunda gerçekleştiği ve kızartma işleminin ilerlemesiyle birlikte ise *cis* linoleik asit oranlarının azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.37).

Doymamış yağ asitleri üzerinden ilerleyen oksidasyon oranı, yağ asitlerindeki çift bağ sayısındaki artışla paralel bir biçimde arttığı ve linoleik asidin oksidasyonu oleik asidin oksidasyonundan 64 kez daha hızlı olduğu bildirilmektedir (Hamilton 1989).

Linoleik asidin oksijenle yükseltgenerek aldehit keton, hidroksi asitler, alkoller ve daha küçük moleküllü yağ asitlerine dönüşümü söz konusudur. Gıdaların derin yağda kızartılması sırasındaki yüksek sıcaklık dereceleri, gıdadan yağa geçen nemin etkisi ile bu dönüşüm hızlanmaktadır (Nas ve ark. 2001). Buna bağlı olarak linoleik asit oranlarında da azalma görülmektedir.

Derin yağda kızartma işleminde linoleik asit oranlarında belirlediğimiz azalmalar benzer biçimde Che Man ve Wan Hussin (1998), Houhoula ve ark. (2002), Andrikopoulos ve ark. (2002a) ve Daniel ve ark. (2005)'nin elde ettiği sonuçlarda görülürken, linoleik asit oranlarındaki azalmanın kızartma işlemi sırasında yağ asidi kompozisyonlarında meydana gelen karakteristik bir değişim olduğu bildirilmiştir.

Linoleik asit oranlarının, taze yağ ilavesi ile gerçekleştirilen derin yağda kızartma işlemi sonrasında dahi azaldığı ifade edilirken (Romero ve ark. 2003), bu azalma eğiliminin yağların derin kızartıcıda yalnızca ısıtılması sonucunda da elde edildiği bildirilmektedir (Ulusoy ve ark. 2005).

#### 4.1.4.2.5. Toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>)

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağlarda en yüksek ortalama toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranının %0,29 ile rafine soya yağında, en düşük ortalama toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranının ise %0,01 değeri ile rafine fındık yağında belirlendiği görülmektedir. Kızartma işlemi sonunda da benzer bir biçimde en yüksek ortalama toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranı %0,28 ile rafine soya yağında belirlenirken, en düşük ortalama toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranı %0,02 ile yine rafine fındık yağında tespit edilmiştir. Kızartma işlemi süresince ortalama toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarının önemli bir değişim göstermediği ve kızartma işlemleri sonunda neredeyse aynen kaldığı görülmektedir.

Rafine ayçiçeği yağının %0,03 düzeyindeki toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranı işlem süresince değişmezken, riviera zeytinyağı, rafine mısırözü yağı ve soya yağında ise düzensiz bir biçimde azalma söz konusudur. Rafine fındık yağındaki toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranının ise farklı olarak arttığı görülmektedir.

Toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, yağ çeşidinin toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları üzerine istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Kızartma sayısının ve bu iki faktör arasındaki etkileşimin ise toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide (P>0,05) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.39).

**Çizelge 4.39.** Toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yağ çeşidi	4	0,736	0,184	550,607**
Kızartma Sayısı	6	0,000	4,57E-005	0,137
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,001	6,24E-005	0,187
Hata	35	0,012	0,000	-
Toplam	70	1,288	-	-
Genel Toplam	69	0,749	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yağ çeşitlerinin *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları bakımından 4 ayrı grup oluşturduğu görülmektedir. Buna göre, rafine ayçiçeği yağı ve riviera zeytinyağlarının *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları arasında meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemsiz (P>0,01) bulunmuştur (Çizelge 4.40).

**Çizelge 4.40.** Yağ çeşidine göre toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

Yağ çeşidi	Ortalamalar(%)	Gruplar
Fındık yağı	0,016	A
Ayçiçek yağı	0,030	B
Zeytinyağı	0,036	B
Mısırözü yağı	0,067	C
Soya yağı	0,290	D

Kızartma sayılarına bağlı olarak yağların *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarında meydana gelen farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmesine bağlı olarak aynı grup içerisinde yer aldıkları Duncan testi sonucunda görülmektedir (Çizelge 4.41).

**Çizelge 4.41.** Kızartma sayısına göre *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları

Kızartma sayısı	Ortalamalar(%)	Gruplar
10	0,084	A
9	0,086	A
0	0,088	A
7	0,088	A
1	0,088	A
3	0,090	A
5	0,090	A

Rafine soya yağının *cis* linolenik asit oranının diğer yağlara göre çok daha fazla olmasına bağlı olarak *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) izomerleri oluşumunun da fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.40).

Doymamış yağ asitleri arasında en yüksek oksidasyon hızına linolenik asit sahip olduğundan, en yüksek linolenik asit içeriğine sahip olan yağda bu asidin *trans* izomerleri de öncelikli olarak yer almaktadır.

5. kızartma işlemine kadar artan *trans* linolenik asit (C<sub>18:2</sub>) oranları ortalamalarının daha sonrasında azaldığı görülmekteyken, *trans* linolenik asit (C<sub>18:2</sub>) bakımından kızartma işleminin sistematik bir değişim meydana getirdiği söylenemez.

Yüksek sıcaklıklardaki ham yağa uygulanan rafinasyon işlemleri özellikle deodorizasyon aşamasındaki yoğun buhar uygulanmasının bir sonucu olarak rafine yağlarda *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) izomerlerine rastlandığı bildirilmiştir (Bruehl 1996). Kızartma yağlarındaki *trans* çoklu doymamış yağ asitleri oluşumlarının da ısıl işlemin sonucu olduğu bildirilmiştir (Pozo-Diez ve ark. 1995).

Caponio ve ark. (2003) farklı ısıtma yöntemleriyle pişirilmesi model hamurlarında kullanılan, rafine ayçiçeği yağı ve yerfıstığı yağlarının *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarının arttığı, sızma zeytinyağında işlem öncesinde rastlanmayan *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) izomerlerinin ise oluştuğu görülmektedir.

Türk Gıda Kodeksi yemeklik zeytinyağları hakkındaki tebliğde riviera zeytinyağı yağ asidi bileşimlerinde toplam *trans* linoleik (C<sub>18:2</sub>) asit ve toplam *trans* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları toplamı için %0,30 düzeyinde yasal limit belirlenmiştir (Anonim 1998). Türk Gıda Kodeksi bitki adı ile anılan yemeklik yağlar tebliğinde ise riviera zeytinyağı ve diğer sıvı yağlar için *trans* linolenik (C<sub>18:3</sub>) asit oranları ile ilgili bir limit yer almamaktadır (Anonim 2001).

#### 4.1.4.2.6. *Cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>)

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesinde rafine soya yağındaki %6,52'lik *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranına karşın diğer yağlardaki *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarının %1 düzeyinin altında kaldığı ve en düşük oranının rafine fındık yağında (%0,13) saptandığı görülmektedir. *Cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları kızartma işlemleri sonunda tüm yağlarda azalmıştır. Rafine soya yağında *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) içeriğindeki düşüş işlem süresince devam etmekte iken, diğerlerinde sistematik olmayan bir azalma söz konusudur.

Kızartma işlemi sonunda da en yüksek değer rafine soya yağında (%5,97), en düşük değer ise yine rafine fındık yağında (%0,12) belirlenmiştir.

*Cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, yağ çeşidinin *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları üzerinde istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde etkili olduğu belirlenirken, kızartma sayısının ve bu iki faktör arasındaki etkileşimin bu nitelik üzerine etkisinin ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

**Çizelge 4.42.** *Cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yağ çeşidi	4	372,051	93,013	1814,225*
Kızartma sayısı	6	0,196	0,033	0,637
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,376	0,016	0,305
Hata	35	1,794	0,051	-
Toplam	70	574,547	-	-
Genel Toplam	69	374,417	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları bakımından yağ çeşitleri arasında 3 grup oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 4.43).

**Çizelge 4.43.** Yağ çeşidine göre *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,05)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
Fındık yağı	0,1243	A
Ayçiçeği yağı	0,2786	A
Zeytinyağı	0,8886	B
Mısırözü yağı	0,9043	B
Soya yağı	6,2586	C

Kızartma sayılarına göre yağların *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarında meydana gelen farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmesine bağlı olarak aynı grup içerisinde yer aldıkları Duncan testi sonucunda görülmektedir (Çizelge 4.44).

**Çizelge 4.44.** Kızartma sayısına göre *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
10	1,610	A
9	1,634	A
7	1,666	A
5	1,698	A
3	1,716	A
1	1,752	A
0	1,760	A

Ortalama *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranları bakımından rafine soya yağının gösterdiği büyük farklılık başlangıç yağ asidi kompozisyonundan kaynaklanmaktadır (Çizelge 4.43). Yüksek sıcaklık derecelerindeki ısı muamelesiyle yağlarda meydana gelen bozunmaların, diğer bir ifade ile kararsız yapıdaki linolenik asidin değişik formlara dönüşmesinin sonucu olarak kızartma işlemi süresince ortalama *cis* linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) oranlarının da azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.44).

Kızartma yağlarının linolenik asit içeriğinde belirlediğimiz azalmalar, Chatzilazarou ve ark. (2006) ve Gerde ve ark. (2007) elde ettiği sonuçlarla uyum göstermektedir. İçerisinde ürün pişirilmeksizin otoklavda ısıtılan yağların linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) içeriğinde de meydana geldiği bildirilen düşüşün (Ulusoy ve ark. 2004), yağların derin kızartıcıda yalnızca ısıtılması sonucunda da (Ulusoy ve ark. 2005) elde edildiği bildirilmektedir. Diğer taraftan kızartma

işlemi sırasında linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) içeriğinin değişmediği de ifade edilmektedir (Houhoula ve ark. 2002).

Linoleik asidin oksidasyonu oleik asidin oksidasyonundan 64 kez, linolenik asidin oksidasyonu ise 100 kez daha hızlıdır (Hamilton 1989). Çift bağ sayısı arttıkça oksidasyon hızının da artması nedeniyle en yüksek linolenik asit içeriğine sahip olan yağın derin yağda kızartma işlemi sırasındaki bozunmaya daha elverişli olduğu söylenebilmektedir. (Warner ve Mounts 1993). Linolenik asit içeriğinin azaltılmasının soya yağlarının kızartma işlemi sırasında oksidasyona karşı stabilitesini arttırdığı bildirilmektedir (Warner ve Mounts 1993).

#### 4.1.4.2.7. Toplam *trans* yağ asitleri

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağlarda en yüksek toplam *trans* yağ asitleri oranının %0,84 ile rafine ayçiçeği yağında, en düşük toplam *trans* yağ asitleri oranının ise %0,12 değeri ile riviera zeytinyağında belirlendiği görülmektedir. Kızartma işlemi sonunda da benzer bir biçimde en yüksek toplam *trans* yağ asitleri oranı rafine ayçiçeği yağında belirlenirken, en düşük oran yine riviera zeytinyağında tespit edilmiştir. Düzensiz değişimlerin yaşandığı toplam *trans* yağ asitleri oranlarının kızartma işlemi süresince tüm yağlarda %1 düzeyinin altında kaldığı görülmektedir.

Rafine fındık yağı, rafine mısırozü yağı ve rafine soya yağında toplam *trans* yağ asitleri oranları kızartma öncesi değerlerine göre işlem sonunda artarken, riviera zeytinyağında değişmeksizin kalmıştır. Rafine ayçiçeği yağının ise 7.kızartma ile ulaştığı %0,87 maksimum toplam *trans* yağ asitleri değerini ancak 9. kızartma sonuna kadar koruyabildiği ve işlem sonunda başlangıç değerinin altına kadar düştüğü belirlenmiştir.

Yağların toplam *trans* yağ asitleri içeriklerinde meydana gelen değişimde yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda yağ çeşidinin toplam *trans* yağ asitleri oranları üzerinde istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde etkili olduğu belirlenirken, kızartma sayısının ve bu iki faktör arasındaki etkileşimin ise bu nitelik üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide (P>0,05) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.45).



**Çizelge 4.45.** Toplam *trans* yağ asitleri oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	5,893	1,473	828,947**
Kızartma sayısı	6	0,009	0,002	0,868
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,017	0,001	0,398
Hata	35	0,062	0,002	-
Toplam	70	21,538	-	-
Genel Toplam	69	5,981	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \* P<0,05 düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda yağ çeşitlerinin toplam *trans* yağ asitleri oranları bakımından 4 grup oluşturdukları görülmektedir. Buna göre, rafine fındık yağı ve riviera zeytinyağlarının toplam *trans* yağ asitleri oranları arasında meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemsiz (P>0,01) bulunmuştur (Çizelge 4.46).

**Çizelge 4.46.** Yağ çeşidine göre toplam *trans* yağ asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
Zeytinyağı	0,126	A
Fındık yağı	0,146	A
Soya yağı	0,55	B
Mısırözü yağı	0,69	C
Ayçiçeği yağı	0,85	D

Kızartma sayılarına göre yağların toplam *trans* yağ asitleri oranlarında meydana gelen farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmesine bağlı olarak aynı grup içerisinde yer aldıkları Duncan testi sonucunda görülebilmektedir (Çizelge 4.47).

**Çizelge 4.47.** Kızartma sayısına göre toplam *trans* yağ asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
0	0,448	A
10	0,466	A
1	0,468	A
9	0,474	A
5	0,478	A
3	0,480	A
7	0,486	A

Yağ çeşitleri arasında toplam *trans* yağ asitleri oranları bakımından sıralamanın başlangıç değerleri ve ağırlıklı doymamış yağ asitleri doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir. Buna göre toplam *trans* yağ asitleri oranları bakımından en yüksek değerler çoklu doymamış yağlarda, en düşük değerler ise tekli doymamış yağlarda belirlenmiştir. Dolayısıyla rafine ayçiçeği, mısırözü ve soya yağları arasındaki sıralanma çoklu doymamış yağ asitleri miktarlarına göre, rafine fındık yağı ve riviera zeytinyağı arasındaki sıralanma ise tekli doymamış yağ asitleri miktarlarına göre gerçekleşmiştir. Ancak kızartma işleminin toplam *trans* yağ asitleri izomerleri oluşumunda sistematik bir etki oluşturduğu ifade edilememektedir.

*Trans* yağ asitleriyle ilk çalışma 1970'li yılların başlarında Ackman ve ark. (1974) tarafından yapılmıştır. Bitkisel sıvı yağlarda ise yağ asitleri genelde *cis* formda bulunmaktadır. Çok az miktarda diğer bir ifade ile ihmal edilebilir düzeylerde *trans* yağ asidi olabilir. Bu oluşumun sebepleri ise yüksek sıcaklık ve basınç uygulamalarıdır. Asıl *trans* yağ asidi kaynağı ise kısmi hidrojenasyon işlemine maruz kalmış olan yağlardır (Kayahan 2002). Kısmi hidrojene yağlarda başlıca monoenoik *trans* yağ asitleri, rafine sıvı yağlarda ise daha çok di ve trienoik *trans* yağ asitleri bulunmaktadır (Duchateau ve ark. 1996).

Greyt ve ark. (1996), rafine bitkisel sıvı yağlardaki *trans* yağ asitlerinin deodorizasyon aşamasındaki yüksek sıcaklığın etkisiyle oluştuğunu, *trans* C<sub>18:2</sub> ve *trans* C<sub>18:3</sub>'ün oluşumlarının daha fazla olduğunu vurgulamıştır.

Elde ettiğimiz sonuçlarla benzer biçimde, Romero ve ark. (2000) ve (Daniel ve ark. 2005) derin yağda kızartma işleminde kullanılan çeşitli yağların toplam *trans* yağ asitleri oranlarının işlem sonunda arttığını belirlemişlerdir.

Kızartma işlemi öncesinde zeytinyağında *trans* izomerlerin bulunmadığını ve hiçbir koşulda oluşmadığına dikkat çeken Andrikopoulos ve ark. (2002b), kızartma işleminin toplam *trans* yağ asitleri izomerleri oluşumunda sistematik bir etki oluşturmadığını bildirmektedir. Caponio ve ark. (2003) ise farklı ısıtma yöntemlerine rağmen yağların toplam *trans* yağ asitleri oranlarının arttığını bildirmişlerdir.

#### **4.1.4.2.8. Toplam tekli doymamış yağ asitleri**

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağlarda en yüksek toplam tekli doymamış yağ asitleri oranının %77,36 ile rafine fındık yağında, en düşük toplam tekli doymamış yağ asitleri oranının ise %23,48 değeri ile rafine soya yağında belirlendiği görülmektedir. Kızartma işlemi sonunda da benzer bir biçimde en yüksek toplam tekli doymamış yağ asitleri oranı rafine fındık yağında (%76,47)

belirlenirken, en düşük oran yine rafine soya yağında (%24,47) tespit edilmiştir.

Kızartma işlem süresince düzensiz değişimlerle, işlem sonunda toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarının rafine fındık yağı ve riviera zeytinyağında azalırken, rafine ayçiçeği yağı, mısırözü yağı ve soya yağında ise artmıştır.

Toplam tekli doymamış yağ asitleri oranları üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlenmesi için varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda toplam tekli doymamış yağ asitleri oranları üzerine yağ çeşidinin etkisi istatistiksel olarak  $P<0,01$  düzeyinde önemli bulunurken, kızartma sayısının etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.48). Yağ çeşidi ve kızartma sayısı arasındaki etkileşimin ise istatistiksel açıdan  $P<0,05$  düzeyinde etkili olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.48.** Toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon Kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	37195,109	9298,777	56898,113**
Kızartma sayısı	6	0,309	0,051	0,315
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	9,235	0,385	2,354*
Hata	35	5,720	0,163	-
Toplam	70	192472,698	-	-
Genel Toplam	69	37210,372	-	-

\*\*  $P<0,01$  düzeyinde önemli \* $P<0,05$  düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda yağ çeşitlerinin toplam tekli doymamış yağ asitleri oranları bakımından istatistiksel olarak birbirinden tamamen farklı gruplarda yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 4.49).

**Çizelge 4.49.** Yağ çeşidine göre toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P<0,01$ )

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar(%)</i>	<i>Gruplar</i>
Soya yağı	23,841	A
Ayçiçek yağı	30,133	B
Mısırözü yağı	31,266	C
Zeytinyağı	73,251	D
Fındık yağı	76,989	E

Kızartma sayılarına göre yağların toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarında meydana gelen farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmesine bağlı olarak aynı grup içerisinde yer aldıkları Duncan testi sonucunda görülebilmektedir (Çizelge 4.50).

**Çizelge 4.50.** Kızartma sayısına göre toplam tekli doymamış asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
1	47,012	A
0	47,028	A
3	47,056	A
5	47,108	A
9	47,116	A
7	47,130	A
10	47,222	A

Toplam tekli doymamış yağ asitleri oranları ortalamaları bakımından yağ çeşitleri arasındaki sıralanmanın kızartma işlemi öncesinde rafine yağlardaki oranlar doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 4.49). Yağların bazılarında artan bazılarında ise azalan bir değişim göstermesine karşın ortalama toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarının 10. kızartma sonrasındaki değeri göz önünde bulundurularak genel anlamda arttığı ifade edilebilir (Çizelge 4.50).

Rafine ayçiçeği yağı, rafine mısırözü yağı ve rafine soya yağında tespit edilen toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarında kızartma işlemi süresince tespit edilen artışlar, bu yağlarda çoklu doymamış yağ asitlerindeki bozunmanın tekli doymamış yağ asitlerindeki bozunmadan çok daha fazla olması ile açıklanmaktadır (Rossi ve ark. 2007). Buna karşın tekli doymamış yapıdaki rafine fındık ve riviera zeytinyağında oksidasyonun daha çok bu yağ asitleri (özellikle oleik asit) üzerinden gerçekleşmiş olması nedeniyle toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarında bir azalma belirlenmiştir.

Houhoula ve ark. (2002) kızartma işlemi süresince toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarının azaldığını bildirirken, Gerde ve ark. (2007) arttığını ifade etmişlerdir. Yağların derin kızartıcıda yalnızca ısıtılması sırasında toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarının arttığını bildiren Ulusoy ve ark. (2005), bu artışı çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyon sonucunda kendilerine göre daha stabil olan tekli doymamış yağ asitlerine dönüşümü ile açıklamışlardır. Derin kızartma ve sığ kızartma işlemleri sırasında yağların toplam tekli doymamış yağ asitleri oranlarındaki azalışın oleik asitçe zengin yağlarda daha belirgin gerçekleştiği bildirilmiştir (Andrikopoulos ve ark. 2002b).

#### 4.1.4.2.9. Toplam çoklu doymamış yağ asitleri

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağlarda en yüksek toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranının %60,54 ile rafine soya yağında, en düşük toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranının ise %10,72 değeri ile riviera zeytinyağında belirlendiği görülmektedir. Kızartma işlemi süresince toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranları tüm yağlarda azalmış, işlem sonunda da benzer bir biçimde en yüksek oran rafine soya yağında (%57,26), en düşük oran ise yine riviera zeytinyağında (%10,17) tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.51.** Toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	33135,340	8283,835	48646,682**
Kızartma sayısı	6	36,573	6,096	35,796**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	11,800	0,492	2,887**
Hata	35	5,960	0,170	-
Toplam	70	139290,275	-	-
Genel Toplam	69	33189,674	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Yağların toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranları üzerine yağ çeşidinin ve kızartma sayısının etkisini belirlenmesi için yapılan varyans analizi sonucunda hem yağ çeşidi hem de kızartma sayısının toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranları üzerinde istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde etkili olduğu belirlenirken, bu iki faktör arasındaki etkileşimin de yine aynı düzeyde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.51).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda yağ çeşitlerinin toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranları bakımından istatistiksel olarak birbirinden tamamen farklı gruplarda yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 4.52).

**Çizelge 4.52.** Yağ çeşidine göre toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
Zeytinyağı	10,503	A
Fındık yağı	14,360	B
Mısırözü yağı	53,237	C
Ayçiçek yağı	57,436	D
Soya yağı	59,126	E

Kızartma sayılarına bağlı olarak yağların toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranlarında meydana gelen farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda ise kızartma sayıları arasında bu açıdan istatistiksel olarak birbirinden farklı 4 grubun oluştuğu görülmektedir (Çizelge 4.53).

**Çizelge 4.53.** Kızartma sayısına göre toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
10	37,836	A
9	38,142	A
7	38,616	B
5	39,002	C
3	39,282	C
1	39,742	D
0	39,906	D

Toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranları ortalamaları bakımından yağ çeşitlerindeki sıralanmanın rafine yağlardaki oranları doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 4.52). Derin yağda kızartma işlemi süresince toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin sürekli azaldığı ifade edilebilir (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16, Çizelge 4.17).

Derin yağda kızartma işlemi süresince toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranlarında elde ettiğimiz azalmalar Andrikopoulos ve ark. (2002b), Daniel ve ark. (2005) Gerde ve ark. (2007) elde ettiği sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Doymamışlık dereceleri ve bozunma hızlarındaki farklılıklara bağlı olarak, yağların çoklu doymamış yağ asitleri içeriğindeki azalmanın tekli doymamış yağ asidindeki azalmaya göre daha hızlı gerçekleştiği belirtilmiştir (Andrikopoulos ve ark. 2002b). Ulusoy ve ark. (2005), bu azalma eğiliminin yağların derin kızartıcıda yalnızca ısıtılması sonucunda da elde edildiğini belirtmektedir.

#### **4.1.4.2.10. Toplam doymamış yağ asitleri**

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağlarda en yüksek toplam doymamış yağ asitleri oranının %92,22 ile rafine fındık yağında, en düşük toplam doymamış yağ asitleri oranının ise %84,02 değeri ile rafine soya yağında belirlendiği görülmektedir.

Kızartma işlemi süresince rafine mısırözü yağındaki düzensiz değişimlere rağmen toplam doymamış yağ asitleri oranlarında sürekli azalma eğilimi görülmüştür. Kızartma işlemi sonunda da benzer bir biçimde en yüksek oran rafine fındık yağında (%90,40), en düşük oran ise yine rafine soya yağında (%81,73) tespit edilmiştir.

Yağların toplam doymamış yağ asidi oranları üzerine yağ çeşidi ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, söz konusu nitelik üzerine bu iki faktörün istatistiksel olarak  $P < 0,01$  düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. Buna karşın iki faktör arasındaki etkileşimin toplam doymamış yağ asitleri oranları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide ( $P > 0,05$ ) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.54).

**Çizelge 4.54.** Toplam doymamış asitleri oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	666,264	166,566	933,517**
Kızartma sayısı	6	30,460	5,077	28,452**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	0,788	0,033	0,184
Hata	35	6,245	0,178	-
Toplam	70	518747,168	-	-
Genel Toplam	69	703,757	-	-

\*\*  $P < 0,01$  düzeyinde önemli \* $P < 0,05$  düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda; yağ çeşitlerinin ortalama toplam doymamış yağ asitleri oranları bakımından istatistiksel olarak birbirinden tamamen farklı gruplarda yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 4.55).

**Çizelge 4.55.** Yağ çeşidine göre toplam doymamış yağ asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P < 0,01$ )

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
Soya yağı	82,960	A
Zeytinyağı	83,754	B
Mısırözü yağı	84,503	C
Ayçiçeği yağı	87,569	D
Fındık yağı	91,349	E

Kızartma sayılarına bağlı olarak yağların toplam doymamış yağ asitleri oranlarında meydana gelen farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda ise kızartma sayıları arasında bu açıdan istatistiksel olarak birbirinden farklı 4 grubun olduğu görülmektedir (Çizelge 4.56).

**Çizelge 4.56.** Kızartma sayısına göre toplam doymamış yağ asitleri oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları ( $P<0,01$ )

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
10	85,058	A
9	85,258	A
7	85,746	B
5	86,110	BC
3	86,338	C
1	86,754	D
0	86,924	D

Elde ettiğimiz sonuçlarla benzer biçimde, Andrikopoulos ve ark. (2002a/2002b), Daniel ve ark. (2005), Chatzilazarou ve ark. (2006), Chung ve ark. (2006), Gerde ve ark. (2007) derin yağda kızartma işlemi süresince toplam doymamış yağ asitleri oranlarının azaldığını bildirmişlerdir.

Oksidasyonun doymamış yağ asitleri üzerinden ilerlediği bildirilmektedir (Hamilton 1989). Doymamışlık dereceleri ve bozunma hızları farklı olsa bile, kızartma işlemi sırasındaki bozunmaların öncelikli olarak doymamış yağ asitlerinde meydana gelmesi nedeniyle tüm yağların toplam doymamış yağ asitleri içeriklerinin azaldığı görülmektedir.

#### **4.1.4.3. Toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranı**

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, kızartma öncesi yağlarda en yüksek toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranı %11,95 ile rafine fındık yağında, en düşük oranı ise %5,26 değeri ile rafine soya yağında belirlendiği görülmektedir.

Tüm yağlarda toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranlarında kızartma işlemi süresince devam eden azalmalar görülmüştür. Kızartma işlemi sonunda da benzer bir biçimde en yüksek oran rafine fındık yağında (%9,42), en düşük oran ise yine rafine soya yağında (%4,47) tespit edilmiştir.

Yağların toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranları üzerine yağ çeşidi ve kızartma sayısının etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda, söz konusu nitelik üzerinde hem yağ çeşidi hem de kızartma sayısının istatistiksel olarak  $P<0,01$  düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. Buna karşın iki faktör arasındaki etkileşimin bu oran üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkide ( $P>0,05$ ) bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.57).



**Çizelge 4.57.** Toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranlarına ait varyans analiz sonuçları

<i>Varyasyon kaynağı</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>
Yağ çeşidi	4	317,187	79,297	429,627**
Kızartma Sayısı	6	11,396	1,899	10,291**
Yağ çeşidi x kızartma sayısı	24	3,920	0,163	0,885
Hata	35	6,460	0,185	-
Toplam	70	3424,173	-	-
Genel Toplam	69	338,964	-	-

\*\* P<0,01 düzeyinde önemli \*P<0,05 düzeyinde önemli

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda; toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranları bakımından yağ çeşitleri arasında P<0,01 olmak üzere 4 grubun oluştuğu görülmektedir (Çizelge 4.58).

**Çizelge 4.58.** Yağ çeşidine göre toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Yağ çeşidi</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
Soya yağı	4,88	A
Zeytinyağı	5,17	AB
Mısırözü yağı	5,47	B
Ayçiçeği yağı	7,06	C
Fındık yağı	10,62	D

Kızartma sayılarına bağlı olarak yağların toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranlarında meydana gelen farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda ise kızartma sayıları arasında bu açıdan istatistiksel olarak birbirinden farklı 4 grubun (P<0,01) oluştuğu görülmektedir (Çizelge 4.59).

**Çizelge 4.59.** Kızartma sayısına göre toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranlarına ilişkin Duncan test sonuçları (P<0,01)

<i>Kızartma sayısı</i>	<i>Ortalamalar (%)</i>	<i>Gruplar</i>
10	6,06	A
9	6,17	A
7	6,45	AB
5	6,68	BC
3	6,83	BCD
1	7,06	CD
0	7,22	D

Kızartma işlemi sırasındaki bozunmaların doğal bir sonucu olarak bu oranların sürekli azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.59). Bu oranlardaki azalma doymamışlık dereceleri ve bozunma hızları farklılıkları doğrultusunda gerçekleşmekte olup, yağlar arasındaki ortalama değerlerdeki sıralanmanın kullanılan yağ çeşitlerinin toplam doymamış yağ asitlerindeki miktarlar doğrultusunda gerçekleştiği görülmektedir.

Toplam doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine oranları yağların oksidasyona karşı duyarlılığının bir göstergesi kabul edilmektedir. Bu oran ne kadar yüksek ise o yağın oksidasyona o kadar elverişlidir (Rossi ve ark. 2007).

Andrikopoulos ve ark. (2002b), Chatzilazarou ve ark. (2006), Gerde ve ark. (2007) derin yağda kızartma işlemi süresince toplam doymamış yağ asitleri miktarlarının azalması ve doymuş yağ asitleri miktarlarının artması sonucunda bu oranın azaldığını bildirmişlerdir.

Bu oran gibi, kızartma sırasında özellikle linoleik asit içeriğinde ve linoleik asidin palmitik aside ( $C_{18:2}/C_{16:0}$ ) oranlarındaki azalmalar da yağların bozulma derecelerinin sağlam göstergeleri olarak tanımlanmaktadır (Alexander ve ark. 1983, Thompson ve Rae 1983, Augustin ve ark. 1987).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bazı bitkisel sıvı yağların derin yağda kızartma koşullarında performanslarını karşılaştırmak amacıyla işlem süresince yağların yapısında meydana gelen bazı değişimlerin belirlendiği bu çalışmada, % serbest yağ asitliği, peroksit değerleri, indüksiyon zamanları, yağ asidi kompozisyonlarında oluşan değişiklikler incelenmiştir.

Araştırmada yağların % serbest yağ asitliği değerlerinin kızartma sayısının artması ile birlikte sürekli olarak arttığı tespit edilmiştir. Derin yağda kızartma işlemi sırasında hidrolizle meydana gelen serbest yağ asidi miktarı gıdanın kalitesini etkilemeyecek kadar az olup, olumsuz etkiler daha çok oksidasyonla oluşan serbest yağ asitlerine bağlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Titrasyonla % serbest yağ asitliği tayininde, oksidasyon ve hidrolizle oluşan asitler ayırt edilemediğinden, kızartma yağının bozulduğunun diğer bir ifade ile ne zaman atılacağına belirlenmesinde sadece serbest yağ asitliği değerinin kullanılması, genellikle uygun bir yağın dökülmesi veya bazen de daha fazla kullanılmaması gereken bir yağın kızartma işleminde kullanılmak üzere alıkonulması ile sonuçlanabilmektedir. Yağların peroksit değerlerinin ise ısıtma süresi ve kızartma sayısının artması ile birlikte genel olarak arttığı, bu artışın yağ çeşidine ve kızartma koşullarına bağlı olarak maksimum bir değere kadar devam ettiği ve daha sonrasında düştüğü kaydedilmiştir. Çeşitli araştırmacıların değişen kızartma sürelerinde yaptığı çalışmalarda da, bizim bulgularımızda olduğu gibi peroksit değerlerinin değişken olduğu ve sürekli iniş ve çıkışlar kaydettiği saptanmıştır. Bu nedenle peroksitlerin kızartma derecelerinde dayanıklı olmamaları sebebiyle kızartma yağının bozulma derecesini ölçmede kullanılmaları önerilmemektedir.

Derin yağda kızartma işlemindeki yüksek sıcaklık dereceleri ve süreye bağlı olarak yağlarda meydana gelen bozulmaların bir göstergesi olarak indüksiyon zamanlarının kızartma sayısının artması ile sürekli olarak azaldığı kaydedilmiştir. Yağ asidi kompozisyonlarında en belirgin değişimin toplam doymamış yağ asitlerindeki azalma ve buna karşın toplam doymuş yağ asitlerindeki artış olduğu söylenebilmektedir. Her ne kadar kızartma işlemi *trans* yağ asitlerinin ana kaynağı olarak görülse de, çalışmamız sonucunda kızartma işleminin *trans* yağ asitlerinin oluşumunda ve artışında bir dereceye kadar etkili olduğu saptanmıştır.

Kızartma işlemi sırasında kötü tat ve koku oluşumuna neden olan uçucu bileşiklerin büyük bir kısmı su buharı ile taşınacağından ve su buharı yağla oksijen arasında bir örtü vazifesi görerek yağı oksidasyondan ve kötü lezzet teşekkülünden koruyacağından, kızartma işlemi

oluşumunda ve artışında bir dereceye kadar etkili olduğu saptanmıştır.

Kızartma işlemi sırasında kötü tat ve koku oluşumuna neden olan uçucu bileşiklerin büyük bir kısmı su buharı ile taşınacağından ve su buharı yağla oksijen arasında bir örtü vazifesi görerek yağı oksidasyondan ve kötü lezzet teşekkülünden koruyacağından, kızartma işlemi sırasında fritözün ağzının açık olmasının faydalı olarak görülmektedir. Ancak bekleme aşamasında yağın oksijenle temasını önlemek amacıyla fritözün kapağının kapalı tutulması önerilebilir.

Kızartma yağında meydana gelen değişikliklerin düzeyini ve oranı; yağın cinsi, ısıtıldığı sıcaklık derecesi, kızartma süresi, yağ yenilenme oranı, yağın havaya maruz kaldığı yüzey alanı, kızartılan gıdanın cinsi, gıda partiküllerinin yağda birikimi, kızartma kabının modeli vb. gibi çok çeşitli faktörler etkilemektedir. Bu nedenle yağın bozulmuşluğunu belirlemek için belli bir kızartma süresi veya kızartma sayısı verebilmek çok güçtür. Diğer taraftan kızartma yağlarının kalite kontrollerinin yapılabilmesi için hızlı, basit ve emniyetli metotların geliştirilmesi tüketici sağlığının korunması açısından gereklidir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ackman RG, Hooper SN and Hooper DL (1974). Linolenic acid artifacts from the deodorization of oils, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 51: 42-49.
- Aguilera JM, Gloria-Hernandez H (2000). Oil absorption during frying of frozen parfried potatoes. *Journal of Food Science*, 65: 476-479.
- Aksu P ve Hışıl Y (2002). Süperkritik Karbondioksit Ekstraksiyonu ile Elde Edilmiş Biberiye Ekstraktının Ayçiçeği Yağındaki Antioksidan Aktivitesinin Araştırılması. Gıda Teknolojisi Derneği 7. Gıda Kongresi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Müh. Bölümü, Türkiye.
- Albi T, Lanzon A, Guinda A, Pérez-Camino MC and Leon M (1997). Microwave and conventional heating effects on some physical and chemical parameters of edible fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3000-3003.
- Alexander JC, Chanin BE and Moran ET (1983). Nutritional effect of fresh, laboratory heated and pressure deep fry fats. *Journal of Food Science*, 48: 1289-1292.
- Al-Harbi MM and Al-Kahtani HA (1993). Chemical and biological evaluation of discarded frying palm oil from commercial restaurants. *Food Chemistry*, 48: 395-401.
- Alım H (1977). Derin yağda kızartmada meydana gelen oksidasyon miktarı tayini için kombine kromatografik yöntem. *Gıda*, 2: 197-201.
- Alım H (1978). Derin Yağda Kızartma İşlemi ve Kızartma Yağlarında Oksidatif Değişmeler. *Gıda*, 6: 197-201.
- Alpaslan M, Karaali A (1997). Effect of oil type on hydrolytic and oxidative rancidity mayonnaise preparations. *Frontiers in chemistry: new perspectives for the 2000's 36<sup>th</sup> IUPAC Congress*, Geneva, Switzerland.
- Andrikopoulos NK, Kalogeropoulos N, Falirea A, Barbagianni MN (2002a). Performance of virgin olive oil and vegetable shortening during domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. *International Journal of Food Science and Technology*, 37: 177-190
- Andrikopoulos NK, Dedoussis GVZ, Falirea A, Kalogeropoulos N, Hatzinikola HS (2002b). Deterioration of natural antioxidant species of vegetable edible oils during the domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53: 351-363.
- Anonim (1998). Türk Gıda Kodeksi yemeklik zeytinyağı ve yemeklik prina yağı hakkında tebliğ, Tebliğ No:98/7, Resmi Gazete, S.23323, 8-16.
- Anonim (2001). Türk Gıda Kodeksi. Bitki adı ile anılan yemeklik yağlar tebliği, Tebliğ No: 2001/29, Resmi Gazete, S.24552, 7-13.
- Anonymous (1987a). Frying fats. *Baker's Digest*. 22-55.
- Anonymous (1987b). IUPAC-Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives, edited by C Paquot and A Hautfenne, 7<sup>th</sup> edn., Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, London, Edinburgh.
- Anonymous (1993). AOCS, Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 4th edn., American Oil Chemists' Society, Champaign, method Ce. 2-66.

- Arens M, Guhr G, Waibel J (1977). Bestimmung des gehaltes an petrolaether-unlöslichen oxidierten Fettsäuren zur Beurteilung von. Brat-und siedefetten Fette Seifen Anstrichmittel 79: 310-314.
- Augustin MA, Berry SK (1983). Efficacy of the antioxidants BHA and BHT in palm olein during heating and frying. Journal of the American Oil Chemists Society, 60: 1520-1523.
- Augustin MA, Asap T, Heng LK (1987). Relationships between measurements of fat deterioration during heating and frying in RBD olein. Journal of the American Oil Chemists Society, 64: 1670-1675.
- Ball MS, Hackett D, Duncan A (1993). *Trans* fatty acid content of margarines, oil and blended spreads available in New Zealand, Asia Pacific, Journal Clinical Nutrition, 2 (4), 165-169.
- Baltes J (1975). Gewinnung und Verarbeitung von Nahrungsfetten. Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg, 255s.
- Barrera-Arellano D, Ruiz-Mendez V, Velasco J, Marquez-Ruiz G and Dobarganes C (2002). Loss of tocopherols and formation of degradation compounds at frying temperatures in oils differing in degree of unsaturation and natural antioxidant content. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 1696–1702.
- BeMiller JN and Whistler RL (1996). Carbohydrates. Food chemistry, (3rd ed.). Ed: OW Fennema, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Berger K (1986). Palm oil products. Food Technology, 40, 72-79.
- Blumenthal MM (1991) A new look at the chemistry and physics of deep fat frying. Food Technology, 45(2): 68-71, 94.
- Bonvehí JS, Coll FV (1993). Oil content, stability and fatty acid composition of the main varieties of Catalonian hazelnuts (*corylus avellana L.*). Food Chemistry, 48: 237-241.
- Boskou D (1999). Non-nutrient antioxidants and stability of frying oils. In Frying of Food, Ed: D Boskou and I Elmadafa, PA: Technomic Publishing Lancaster, 183-204.
- Bruehl L (1996). Determination of *trans* fatty acids in cold pressed oils and in dried seed, Fett/Lipid, 98(11): 380-383.
- Bruggena PCV, Duchateau GSMJE, Mooren MMW, Van Oosten HJ (1998). Precision of low *trans* fatty acid level determination in refined oils. Results of a collaborative capillary gas-liquid chromatography study, Journal of the American Oil Chemists Society, 75 (4), 483-488.
- Caponio F, Pasqualone A, Gomes T (2003). Changes in the fatty acid composition of vegetable oils in model doughs submitted to conventional or microwave heating. International Journal of Food Science and Technology, 38: 481-486.
- Che Man YB and Wan Hussin WR (1998). Comparison of the frying performance of refined, bleached and deodorized palm olein and Coconut oil. Journal of Food Lipids, 5: 197-210.
- Chatzilazarou A, Gortzi O, Lalas S, Zoidis E, Tsaknis J (2006). Physicochemical changes of olive oil and selected vegetable oils during frying. Journal of Food Lipids, 13: 27-35.

- Chow Ching K (1985). Vitamin E and blood. *World Rev. Nutr. Diet* 45: 133-166.
- Chung J, Lee Y and Choe E (2006). Effects of Sesame Oil Addition to Soybean Oil During Frying on the Lipid Oxidative Stability and Antioxidants Contents of the Fried Products During Storage in the Dark. *Journal of Food Science*, 71, 3.
- Clark WL and Serbia GW (1991). Safety Aspects of Frying Fats and Oils. *Food Technology*, 45: 84-89.
- Cossignani L, Simonetti MS, Neri A and Damiani P (1998). Changes in olive oil composition due to microwave heating. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 75: 931-937.
- Çiftçioğlu G (1997). Natürel zeytinyağlarındaki *trans* yağ asitlerinin nitelik ve niceliklerinin tespiti üzerinde araştırmalar. Y.Lisans Tezi, Gıda Müh. Anabilim Dalı, İzmir.
- Daniel DR, Thompson LD, Shriver BJ, Wu CK, Hoover LC (2005). Nonhydrogenated cottonseed oil can be used as a deep fat frying medium to reduce trans fatty acid content in french fries. *Journal American Dietetic Association*, 105: 1927-1932.
- Dobarganes MC, Pérez-Camino MC, and Márquez-Ruiz G (1988). High-Performance Size-Exclusion Chromatography of Polar Compounds in Heated and Nonheated Fat. *Fat Science Technology*, 90: 308-311.
- Duchateau GSMJE, van Oosten HJ, Vasconcellos MA (1996). Analysis of *cis* and *trans* fatty acid isomers in hydrogenated and refined vegetable oils by capillary gas-liquid chromatography. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 73(3): 275-282.
- Ebersole R (2003). Eyes on the fries. *Curr Sci.*, 13:4-5.
- El-Sayed FE, Allam SSM (2003). Thermoxidative and hydrolytic changes in oils used for frying of frozen prefried foods. *Journal of Food Lipids*, 10: 285-300.
- Enig MG, Atal S, Keeney M and Sampugna J (1990). Isomeric *trans* fatty acids in the U.S. diet. *J. Am. Coll. Nutr.*, 9: 475-86.
- Fatemi SH, Hammond EG (1980). Analysis of oleate, linoleate and linolenate hydroperoxides in oxidized ester mixtures. *Lipids*, 15: 379-483.
- Fauziah A, Razali I and Aini S (2002). Frying Performance of Palm Olein and High Oleic Sunflower Oil During Batch Frying of Potato Crisps. *Malaysian Palm Oil Board*, 1-7.
- Fielliettaz RL, Sinkeldam EJ, Gemert LJ and Hermus RJJ (1985). Cooking in oil: The stability of frying oils with a high linoleic acid content. *Voeding*. 46, 300-306.
- Fillion L and Henry CJK (1998). Nutrient losses and gains during frying: a review. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 49:157-168.
- Frega N, Mozzon M, Lercker G (1999). Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76 (3): 325-329.
- Fritsch CW, Egberg DC and Magnuson JS (1979). Changes in dielectric constant as a measure of frying oil deterioration. *Journal of The American Oil Chemists Society*,. 56:746-750.
- Fritsch CW (1981). Measurement of frying fat deterioration: a brief review. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 58: 272-274.

- Furia TE (1980). Handbook of Food Additives. Volume II. 2nd. ed. CRC Press, Inc. United States.
- Gamble MH, Rice P and Selman JD (1987). Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. record UK tubers. International Journal of Food Science and Technology, 22: 233-241.
- Gerde J, Hardy C, Fehr W, White PJ (2007). Frying performance of no-*trans*, low-linolenic acid soybean oils. Journal of the American Oil Chemists Society, 84: 557-563.
- Gerhard B (2000). Health Aspects of Thermooxidized Oils and Fats, European Journal of Lipid Science and Technology, 102: 587-593.
- Gomez-Alonso S, Fregapane G, Salvador MD and Gordon MH (2003). Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin oil during frying. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:667-672.
- Göy G ve Gül C (1987). Derin kızartıcılarda yapılan kızartma işlemi sırasında kızartma yağında oluşan değişiklikler. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Lisans Tez çalışması.
- Greyt W de, Radanyi O, Kellens M, Huyghebaert A (1996). Contribution of *trans* fatty acids from vegetable oils and margarines to the Belgian diet. Fett/Lipid, 98(1): 30-33.
- Grob K, Grolimund B, Bronz M, Bruenner M, Etter R (1996). *Trans*-diene and triene fatty acid in edible oils from deodorization. Mitteilungen Aus Dem Gebiete Der Lebensmitteluntersuchung Und Hygiene, 87(2): 168-181.
- Guhr G and Waibel J (1978). Untersuchungen an Fritierfetten; Zusammenhaenge zwischen dem Gehalt an petrolaether-unlöslichen oxidierten Fettsaeuren und dem Gehalt an Polaren substanzen bzw. dem Gehalt an polymeren Triglyceriden. Fette Seifen Anstrichmittel, 80: 106-113.
- Gunstone DF, Harwood LJ, Padley BF (1986). Lipid Hand Book, p 23,115,449,451,452,454.
- Gümüşkesen AS (1990). Rafinasyon işleminin bitkisel sıvı yağların bileşimleri üzerindeki etkileri. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 8(1):113-118.
- Gürtürk F (1990). Kızartma sayısı ve süresine göre yağlarda meydana gelen değişiklikler üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hamilton RJ(1989). The Chemistry of Rancidity in Foods (In Rancidity in Foods By Allen JC and Hamilton RJ). Elsevier Applied Sci. p:1, UK.
- Hışıl Y (1988). Enstrumental Analiz Teknikleri, İzmir, E.Ü. Müh. Fak., çoğaltma yayın, 55.
- Houhoula DP, Oreopoulou V, Tzia C (2002). A kinetic study of oil deterioration during frying and a comparison with heating. Journal of the American Oil Chemists Society, 79: 133-137.
- Hunter JE and Applewhite TH (1991). Reassessment of *trans* fatty acid availability in the U.S. diet. Am J Clin Nutr., 54: 363-9.
- Juarez M, Diaz G, Meza G, Garcia O, Varela M, Alvarado B, Guerrero A (1998). Effect of processing on the oxidative stability of soybean oil produced in Mexico. Journal of the American Oil Chemists Society, 75: 1729-1733.



- Karaali A (1987). Yemeklik yağ sanayinde yeni ürünler, Gıda Sanayi Dergisi, 2: 49-52.
- Karaca AR, Güre A ve Gül V (1984). Yanık yağların farelerde ve sıçanlarda karsinojenik etkileri. Doğa Bilim dergisi, 8: 44-53.
- Kayahan M (1981). Derin yağda kızartma sırasında zeytin ve ayçiçeği yağlarında oluşan değişiklikler üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Besin İşleme Mühendisliği Çalışmalarından.
- Kayahan M (2001). Yağ Tüketimi ve Sağlık-I. Gıda Mühendisliği Dergisi, 9:11-16
- Kayahan M (2002/a). Yağ Tüketimi ve Sağlık. Gıda Mühendisliği Dergisi, 12:39-47
- Kayahan M (2002/b). Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, 263 sayfa, Ankara.
- Kayahan M, Tekin A, Javidipour İ, Küçük M, Karabacak H (1996). Ayçiçek yağının bazı kimyasal özellikleri üzerine hidrojenasyonun etkisi. Gıda, 21(5): 375-381.
- Kayahan S (1977). Bitkisel yemeklik yağlarda konserve üretimi sırasında meydana gelen değişiklikler. İhtisas Tezi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Kürsüsü, Ankara.
- Kayahan S (1984). Birden fazla kullanılan kızartma yağlarında meydana gelen oksi asit miktarı üzerine araştırmalar. İzmir Gıda -Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Genel yayın no: 128, özel yayın no: 13.
- Kim D and Maeng Y (1984). Relationship between rancidity development and changes of physico-chemical characteristics of commercial deep-fat frying oils during thermal oxidation. Research reports of college of Agriculture. 24: 101-112.
- Kim, D. and Kim, I. (1986). Percent petroleum ether insoluble oxidized fatty acid contents of some frying fats and oils. Thesis Col. of Agr. and Forest. 26: 101-108.
- Kochhar SP (2001). The composition of frying oils. Frying. Improving quality. Ed: JB Rossel, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 87-114.
- Kozempel MF, Tomasula PM and Craig JC (1991). Correlation of moisture and oil concentration in French fries. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 24(5): 445-448.
- Krishna AGG, Khatoon S, Babylatha R (2005). Frying performance of processed rice bran oils. Journal of Food Lipids, 12: 1-11.
- Krygier K, Rutkowski A and Szweczyk M (1981). Simple tests for determination of acid value in oils. La rivista Italiana delle sostanze grasse. LVIII, 401- 403.
- Kummerow FA (1962). Lipids and Their Oxidation. Chapter 16. AVI Pub. Comp.
- Lalas S and Dourtoglou V (2003). Use of Rosemary Extract in Preventing Oxidation During Deep-Fat Frying of Potato Chips, Journal of the American Oil Chemists Society, 80: 579-583.
- Laubli MW, Bruttel, PA, Schalch E (1988). A modern method of determining the oxidative stability of fats and oils. International Food Marketing and Technology, 1: 16-18.
- Lin S, Akoh CC and Reynolds AE (1998) The recovery of used frying oils with various adsorbents. Journal of Food Lipids, 5(1): 1-16.

- Lin S, Akoh CC and Reynolds AE (2001). Recovery of used frying oils with adsorbent combinations: refrying and frequent oil replenishment. *Food Research International*, 34(2-3):159-166.
- Maksimets VP, Saugira YA, Kononenko LV, Krauchenko EF, Osinskaya LI, Fetisova MM and Spesivtseva IN (1988). Changes of fat quality during frying of potato chips. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavadenli, Pishchevaya Tekhnologiya*. 6: 80-81. In *FSTA*, 21(2): 189.
- Marmesat S, Mancha M, Ruiz-Méndez MV, Dobarganes MC (2005). Performance of sunflower oil with high levels of oleic and palmitic acids during industrial frying of almonds, peanuts, and sunflower seeds. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 82: 505-510.
- Marquez-Ruiz G and Dobarganes C (1996). Short-chain fatty acid formation during thermoxidation and frying. *Journal of Science for Food and Agriculture*, 70: 120-126.
- Martin DW, Mayes PA and Rodwell VW (1981). *Harper's Review of Biochemistry*. 18 th ed. Lange Medical Publications, Maruzen Asia (Ptc) ltd.
- Maskan M, Bağcı Hİ (2003). The recovery of used sunflower seed oil utilized in repeated deep-fat frying process. *European Food Res Technology*, 218: 26-31.
- Matsui T, Hayashi T, Hasegawa T, Namekawa M, Miyauchi A, Tsusaka N (1989). Essential fatty acids and *trans* unsaturated fatty acids of Japanese retail fatty food and some oils, I. Commercial edible oils, refined vegetable oils and used frying oils. *Bulletin of Faculty of Agriculture, Meiji University*, 84: 17-28.
- May WA, Peterson RJ and Chang SS (1983). Chemical reactions involved in the deep-fat frying of foods. IX Identification of the volatile decomposition products of triolein. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 60: 990-995.
- McGill EA (1980). *Bakers Digest*, 6: 38-42.
- Melton SL, Jafar S, Sykes D and Tigriano MK (1994). Review of Stability Measurements for Frying Oils and Frying Food Flavor, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 71: 1301-1308.
- Mensink RP and Katan MB (1990). Effect of dietary *trans* fatty acids on high-density an low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *New Engl J Med.*, 323: 439-45.
- Mikolajczak KL, Smith CR, Wolff IA (1970). Flavor and oxidative stability of Northern-Grown sunflower seed oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 49(5): 287-292.
- Mounts TL, Warner K, List GR, Neff WE, Wilson RF (1994). Low-linolenic acid soybean oils—alternatives to frying oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 71: 495-499.
- Mörsel JT (1990). Lipid Peroxidation. I. Primary Reactions. *Nahrung* 34 (1): 3.
- Nagy M (1976). Beitrag zur Beurteilung von Fritürefetten 1. *Fette Rdsch.*, 72, 13-16.
- Nas S, Gökalp HY ve Ünsal M (2001). Bitkisel Yağ Teknolojisi. Denizli, 3. baskı, Pamukkale Ü. Yayınları, No.5.

- Nawar WW (1996). Food Chemistry 3rd edn. Marcel Dekker, Ed: Fennema OR, New York, 225-319.
- Nestel PJ, Noakes M, Belling GB, McArthur R, Clifton PM and Abbey M (1992). Plasma cholesterol-lowering potential of edible-oil blends suitable for commercial use. *Am J Clin Nutr*, 55:46-50.
- Normand L, Eskin NAM and Przybylski R (2001). Effect of tocopherols on the frying stability of regular and modified canola oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 78: 369-373.
- O'Brien RD (1998). *Fats and Oils*. Technomic Publishing Co, Lancaster, PA, 206-207.
- Önal B and Ergin G (2002). Antioxidative effects of  $\alpha$ -tocopherol and ascorbyl palmitate on thermal oxidation of canola oil. *Nahrung/Food*, 46: 426-431.
- Paradis A (1993) *INFORM* 4:1378–1386 (Alınmıştır) ; Maskan, M. 2003. Change in colour and rheological behaviour of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil. *European Food Research and Tech.* 218 (1)20–25.
- Parcerisa J, Rafecas M, Castellote AI, Codany R, Farran A, Boatella J (1995). Influence of variety and geographical from Spain. III. Oil stability, tocopherol content and some mineral contents (Mn, Fe, Cu). *Food Chemistry*, 53(1): 71-74.
- Paul S and Mittal GS (1996a). Dynamics of fat/oil degradation during frying based on physical properties. *Journal of Food Process Engineering* 19(2): 201-221.
- Paul S and Mittal GS (1996b). Dynamics of fat/oil degradation during frying based on optical properties. *Journal of Food Engineering* 30(3-4): 389-403.
- Peeled, N., Gutfinger, T. and Letan, A. 1975. Effect of water and BHT on stability of cottonseed oil during frying. *Journal of Food Science and Agricultural* 26: 1655-1668.
- Peers KE and Swoboda AT (1982). Deterioration of sunflower seed oil under simulated frying conditions and during small-scale frying of potato chips. *Journal of Science for Food and Agriculture*, 33: 389-395.
- Perkins EG (1967). Non-volatile decomposition products in heated fats and oils. *Food Technology*, 21: 611-616.
- Pozo-Diez RM (1995). Estudio del proceso de fritura de alimentos frescos y congelados prefritos. Comportamiento del aceite de semilla de girasol de alto contenido en ácido oleico. Ph D Thesis. Universidad de Alcalá de Henares, Spain.
- Pozo-Diez RM, Masoud-Musa TA, Perez-Camino MC, Dobarganes MC (1995). Intercambio lipídico durante la fritura de patatas fritas congeladas en aceite de girasol alto oleico. *Grasas y Aceites*, 46: 85-91.
- Robertson CJ (1967). The practice of deep fat frying. *Food Technology*, 21: 34-36.
- Romero A, Cuestá C, and Sánchez- Muniz FJ (1998). Effect of Oil Replenishment During Deep-Fat Frying of Frozen Foods in Sunflower Oil and High-Oleic Acid Sunflower Oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 75: 161-167.

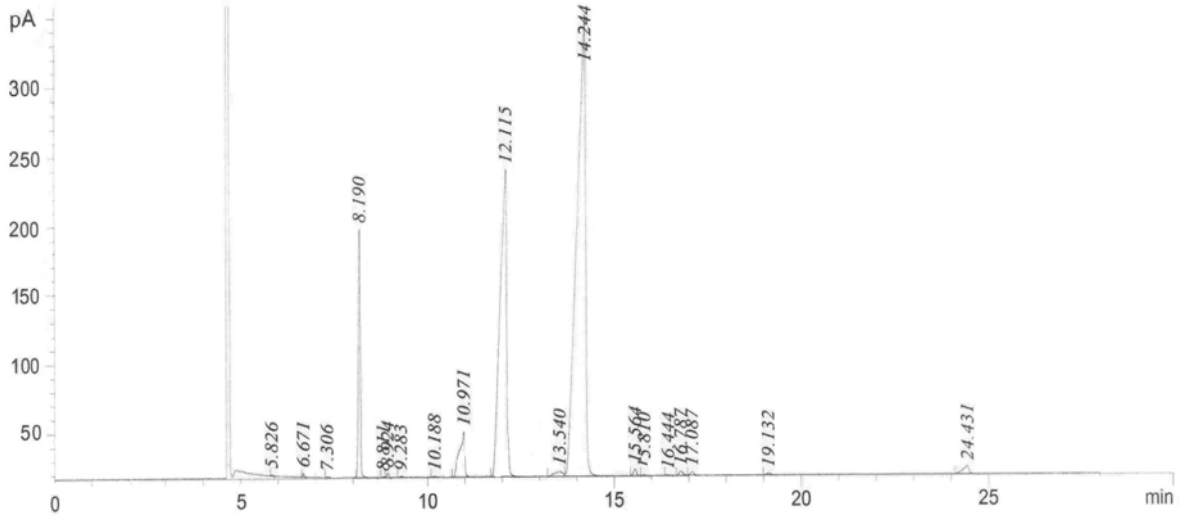
- Romero A, Cuestá C and Sánchez-Muníz JF (2000). *Trans* fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutrition Research*, Volume: 20(4): 599-608.
- Romero A, Cuestá C, Sánchez- Muníz JF (2003). Cyclic FA monomers in high-oleic acid sunflower oil and extra virgin olive oil used in repeated frying of fresh potatoes. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 80: 437-442.
- Rossi M, Alamprese C, Ratti S (2007). Tocopherols and tocotrienols as free radical-scavengers in refined vegetable oils and their stability during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 102: 812-817.
- Roth H and Rock SP (1972). The chemistry and technology of frying fat. II. Technology. *Baker's Digest*. 46: 38-44.
- Sağlam F (1977) Kurum beslenme servislerinde uygulanan değişik kızartma yöntemlerinin kızartılan yiyeceğin kalitesi üzerine etkisi. Beslenme ve diyetetik programı bilim uzmanlığı tezi, H.Ü., Ankara.
- Saleh MA, Ahmed KA, Sharaf AN and Abdel-Latif MS (1986). Mutagenicity of heated cottonseed frying oil. *J. Food Saf.* 7: 203-213.
- Sanjuan PMF (1996). Study of isomeric *trans* fatty acids content in the commercial Spanish food. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 47 (5):399-403.
- Savage GP, Mcneil DL, Dutta PC (1997). Lipid composition and oxidative stability of oils in hazelnuts (*corylus avellana L.*) grow in New Zealand. *Journal of The American Oil Chemists Society*, 74(6): 755-759.
- Schultz HW (1962). Symposium on Foods: Lipids and Their Oxidation. The Second in Series of Symposia on Foods Held at Oregon State University, The AVI Publishing Co, Westport, CT, 294-320.
- Sebedio JL, Grandgirard A, Septier C and Prevost J (1987). Etat d'alteration de quelques huiles de friture prelevees en restauration. *Rev Fr Corp Gras.*, 34:15-8.
- Sebedio JL, Catte M, Boudier MA, Prevost J and Grandgirard A (1996). Formation of fatty acid geometrical isomers and of cyclic fatty acid monomers during the finish frying of frozen prefried potatoes. *Food Research International*, 29: 109-116.
- Sebedio JL and Chardigny JM (1996). Physiological Effects of *Trans* and Cyclic Fatty Acids. In: Perkins EG, Erickson MD, eds. *Deep Frying. Chemistry, Nutrition and Practical Applications*, Champaign, IL, AOCS Press, 183-209.
- Serim F (1979). Rafine ayçiçeği yağı, riviera tipi zeytinyağı ve bunların karışımları ile natürel zeytinyağının farklı sıcaklık ve sürelerde gösterdikleri termik oksidasyon düzeyinin saptanması üzerine araştırmalar. Doçentlik tezi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Serim F. (1989). Kızartma yağları ve ideal kızartma koşulları-Bursa I. Uluslararası Gıda Sempozyumu. 4-6 Nisan, Bursa.
- Smith LM, Clifford AJ, Creveling RK and Hamblin CL (1985). Lipid content and fatty acid profiles of various deep fat fried foods. *Journal of The American Oil Chemists Society*, 62: 996-999.
- Soysal Mİ (1998). Biometrinin Temel Prensipleri, Tekirdağ, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, No. 95.

- Steinhart H, Pfalzgraf A (1994). Trans-fettsauren in lebensmitteln, *Fat Science Technology*, 96: 42-44.
- Stevenson SG, Vaisey-Genser M and Eskin NAM (1984a). Ouality control in the use of deep frying oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 61: 1102-1108.
- Stevenson SG, Jeffery L, Vaisey-Genser M, Fyfe B, Hougen FW and Eskin NAM (1984b). Performance of canola and soybean fats in extended frying. *Journal of Canadian Institue Food Science Tecnology*, 17: 187 -194.
- Stier RF, Gupta MK, Warner K and White PJ (2004). Toxicology of Frying Fats, in *Frying Technology and Practices*, AOCS Press, Champaign, pp. 178-199.
- Takeoka GR, Full GH and Dao LT (1997). Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3244-3249.
- Tan YA, Ong SA, Berger KG, Oon HH and Poh BL (1985). A study of the cause of rapid color development of heated refined palm oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 62(2): 999-1006.
- Thompson LU, Rae A (1983). Lipid changes in French fries and heated oils during commercial deep frying and their nutritional and toxicological implications. *Journal of Canadian Institue Food Science Tecnology*, 16: 46-253.
- Tsaknis J, Spiliotis V, Lalas S, Gergis V and Dourtoglou V (1999). Quality Changes of *Moringa oleifera*, Variety Mbololo of Kenya, Seed Oil During Frying, *Grasas Aceites* 50: 37-48.
- Tyagi VK, Vasishtha AK (1996). Changes in the characteristics and composition of oils during deep fat frying. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 73: 499-506.
- Ulusoy BÖ, Karabulut H and Turan S (2004). Performance of some edible oils during heating in a steam pressure cooker. *Journal of Food Lipids*, 11: 234-241.
- Ulusoy BÖ, Hammond E, White P (2005). Linalyl oleate as a frying oil autoxidation inhibitor. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 82: 433-438.
- Ünsal M, Gökalp HY ve Nas S (1992). Yemeklik Yağlarda Oksidasyon; Önemi ve Kimyasal Mekanizması. *Ekonomik ve Teknik Dergi Standard*, 31 (367): 50-54.
- Valera G (1988). Current facts about the frying of food. In: Valera G, Bender AE, Morton ID, (editors). *Frying of food: principles, changes, new approaches*. Chichester: Ellis Horwood Ltd. pp 9-25.
- Varela G, Bender AE and Morton ID (1988). "Frying of Food. Principles, Changes, New Approaches." VCH Publishers, Chichester, England.
- Vitrac O and Bohuon Ph. (2004). Internal coupled heat and mass transfer during deep-frying of materials with high water contents: application to apple chips fried at atmospheric pressure. In: *International Conference Engineering and Food*, Montpellier, 7-11 March, pp. 1-6.
- Vrbaski Z, Budincevic M, Turkulov, J, Skoric D, Vranac K (1996). Oxidative stability of sunflower oil of altered sunflower after seed storage. *Helia*, 19(24): 73-78.
- Wagner K and Elmadfa I (1999). Nutrient Antioxidants and Stability of Frying Oils: Tocochromanols,  $\beta$ -Carotene, Phylloquinone, Ubiquinone, in *Frying of Food: Oxidation, Nutrient and Nonnutrient Antioxidants, Biologically Active Compounds*

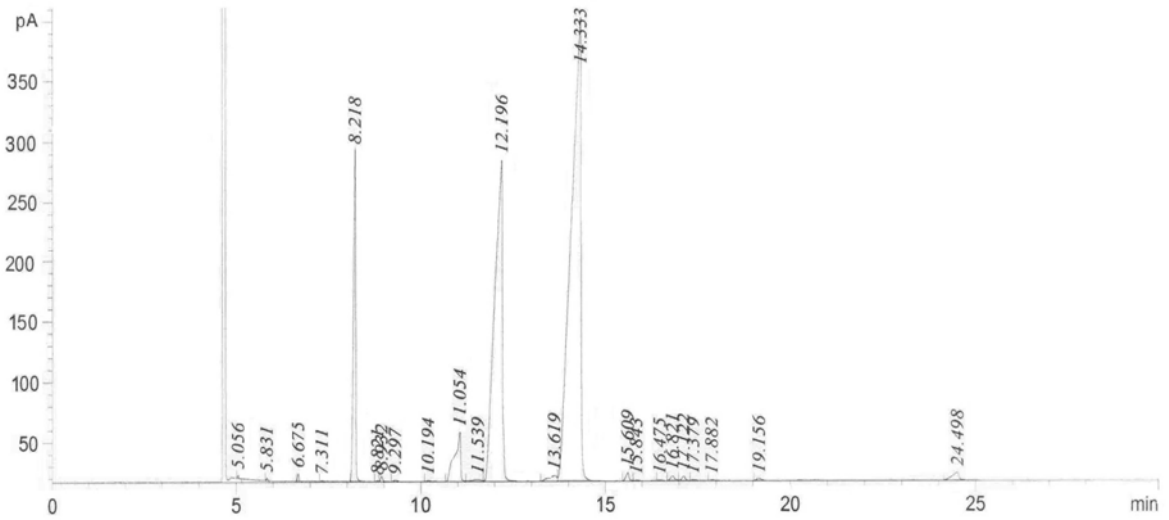
- and High Temperatures, edited by D Boskou and I Elmadfa, Technomic Publishing, Lancaster, Basel, pp. 165-167.
- Wang WD and Hammond EG (1977). Analysis of oleate and linoleate hydroperoxides in oxidized ester mixtures. *Lipids*, 12: 475-479.
- Warner K, Orr P, Parrott L, Glynn M (1994). Effects of frying oil composition on potato chip stability. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 71(10): 1117-1121.
- Warner K, Mounts TL (1993). Oxidative stability of soybean and canola oils with modified fatty acid compositions. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 70: 983-998.
- Warner K, Dunlap C (2006). Effects of expeller-pressed/physically refined soybean oil on frying oil stability and flavor of french-fried potatoes. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 83: 435-441.
- White PJ (1991). Methods for Measuring Changes in Deep-Fat Frying Oils, *Food Technology*, 45(2): 75-80.
- White PJ and Miller LA (1988). Oxidative stabilities of low-linolate, high stearate and common soybean oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 65: 1334-1337.
- Wolff RL (1993a). Heat-induced geometrical isomerization of  $\alpha$ -linolenic acid: Effect of temperature and heating time on the appearance of individual isomers. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 70: 425-430.
- Wolff RL (1993b). Occurrence of artificial *trans*-polyunsaturated fatty acids in refined (deodorized) walnut oils. *Sciences des Aliments*, 13: 155-163.
- Wolff RL (1993c) Further studies on artificial geometrical isomers of  $\alpha$ -linolenic acid in edible linolenic acid-containing oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 70: 219-224.
- Xu XQ, Tran VH, Palmer M, White K and Salisbury P (1999). Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep fat frying oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76: 1091-1099.
- Yamsaengsung R and Moreira RG (2002). Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying. Part II: model solution and validation. *Journal of Food Engineering*, 53: 11-25.
- Yoshida H, Kajimoto G and Emura S (1993). Antioxidant effects of dtocopherols at different concentrations in oils during microwave heating. *Journal of American Oil Chemists Society*, 70: 989-995.
- Yoon SK, Kim SK (1994). Oxidative stability of high-fatty acid rice bran oil at different stages of refining. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 71(2): 227-229.
- Zock PL and Katan MB (1992). Hydrogenation alternatives. Effects of *trans* fatty acids and stearic acid versus linoleic on serum lipids and lipoproteins in humans. *Journal Lipid Research*, 33: 399-410.

## EKLER

**EK 1.** Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine ayçiçeği yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogramlar

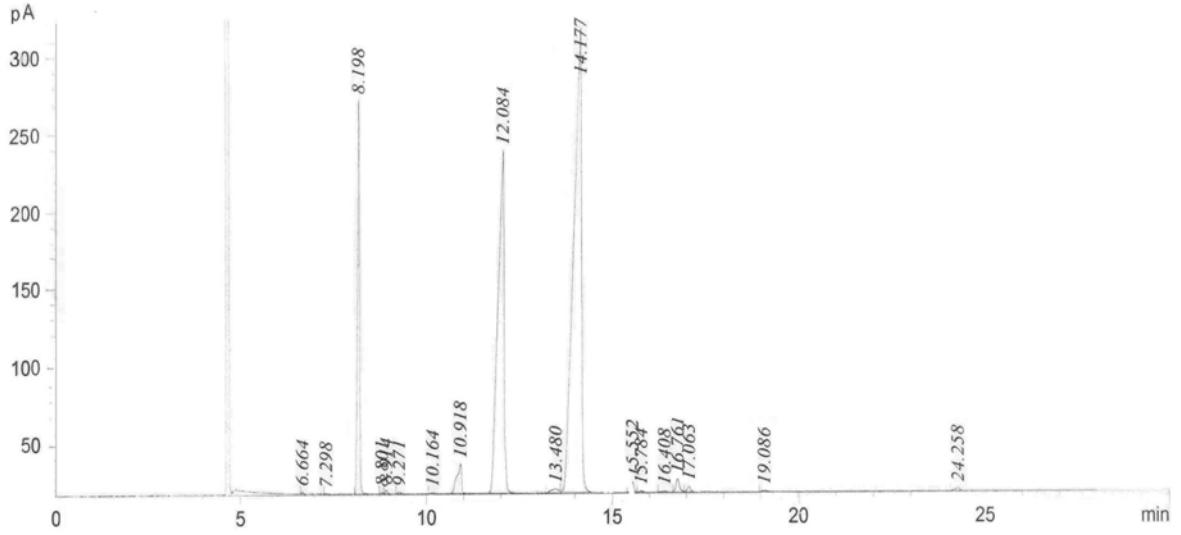


Kızartma işlemi öncesi rafine ayçiçeği yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram

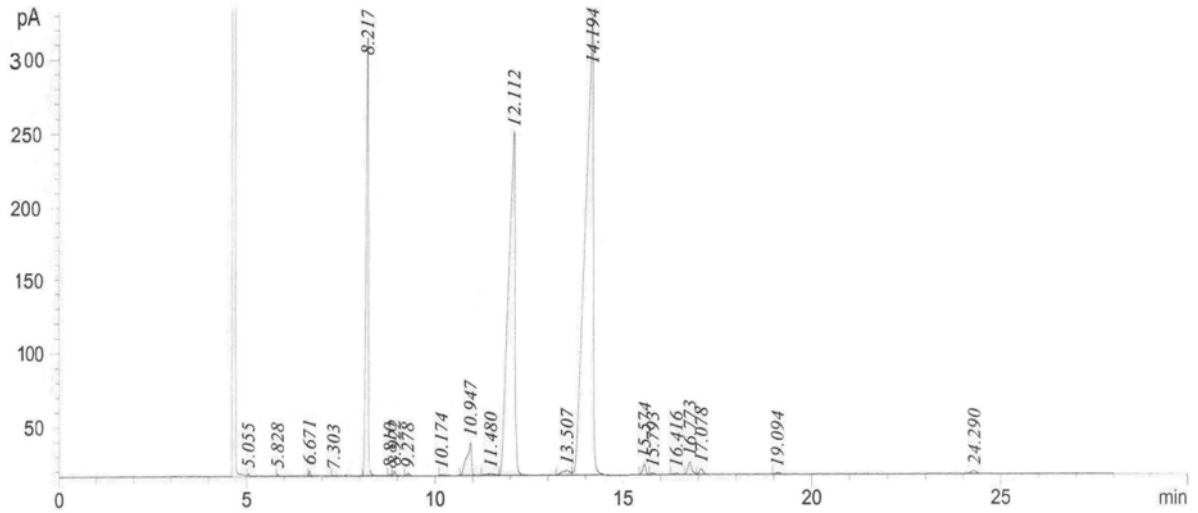


10. kızartma sonrası rafine ayçiçeği yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram

**EK 2.** Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine mısırözü yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogramlar



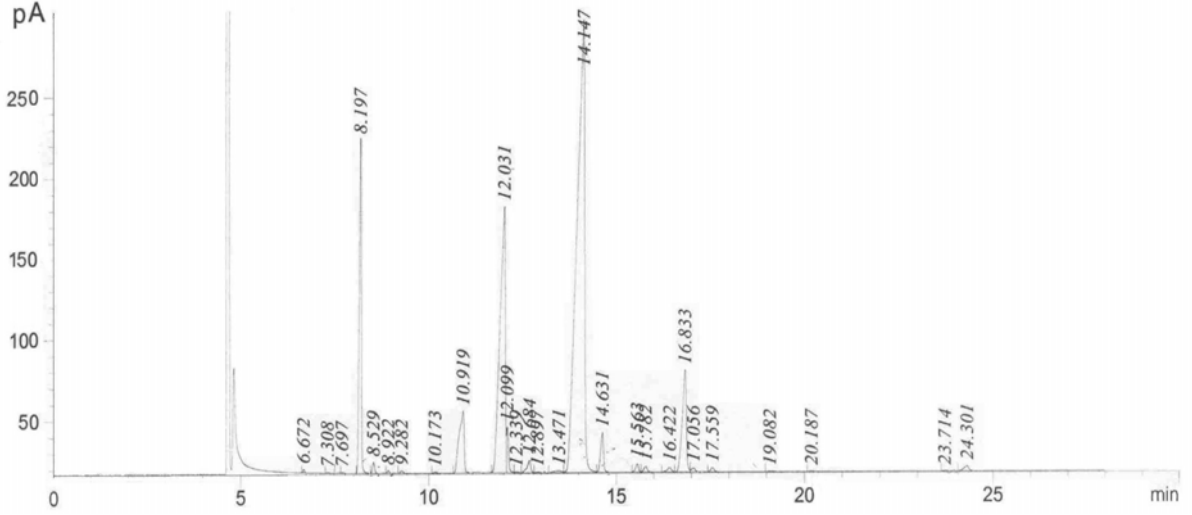
Kızartma işlemi öncesi rafine mısırözü yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram



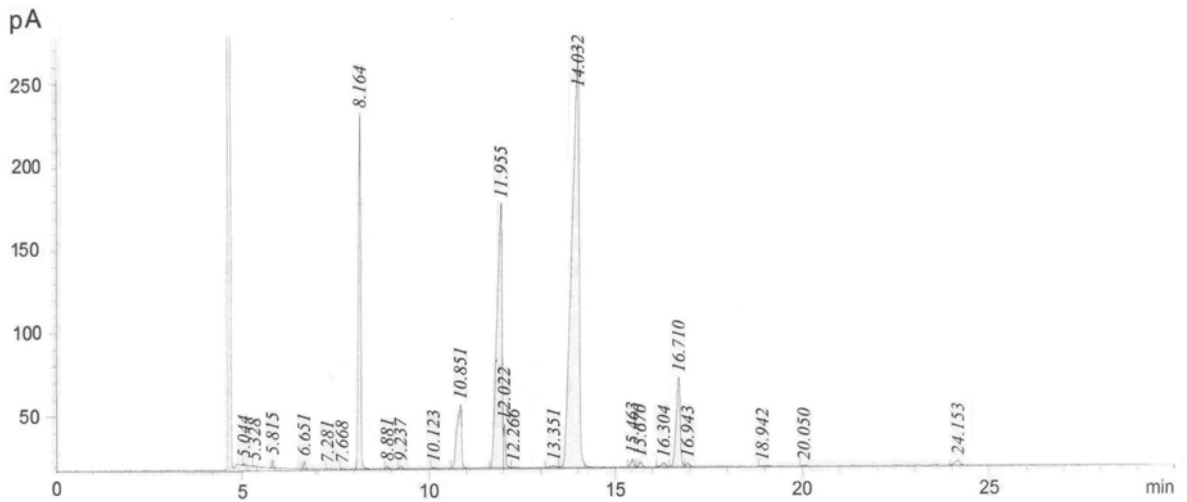
10. kızartma sonrası rafine ayçiçeği yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram



**EK 3.** Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine soya yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogramlar

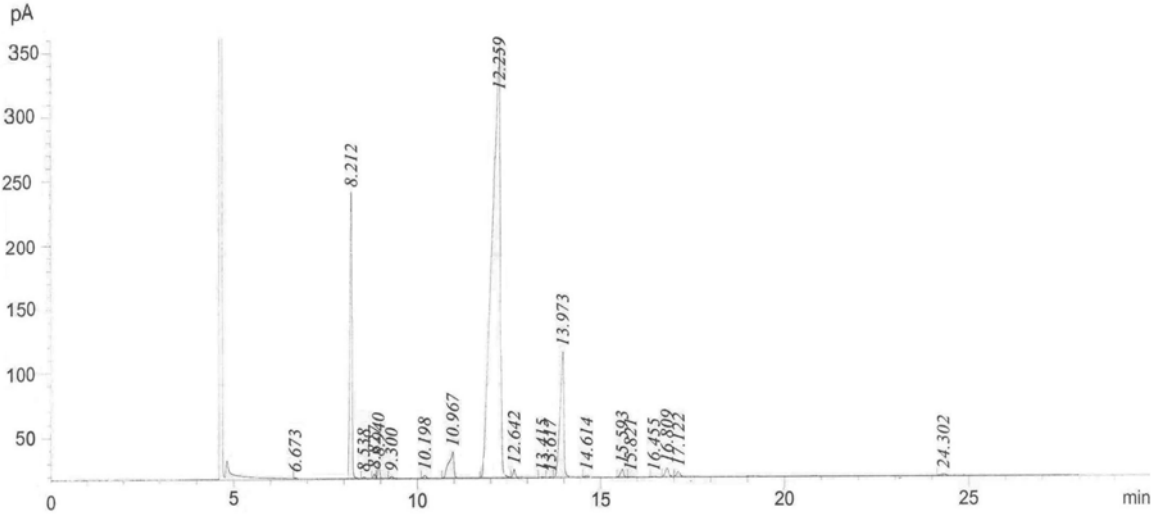


Kızartma işlemi öncesi rafine soya yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram

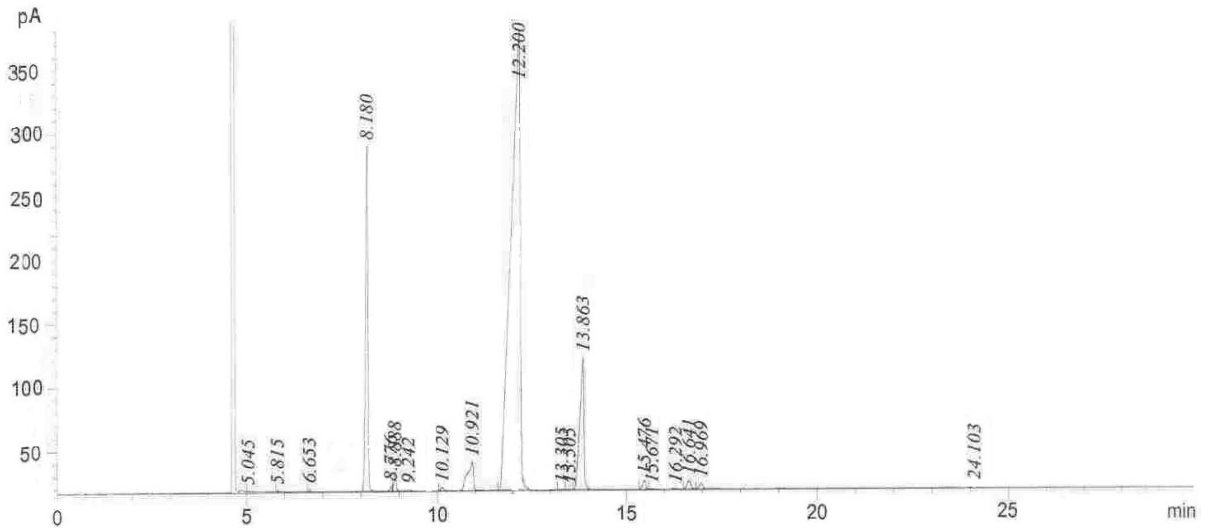


10. kızartma sonrası rafine soya yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram

**EK 4.** Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası riviera zeytinyağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogramlar

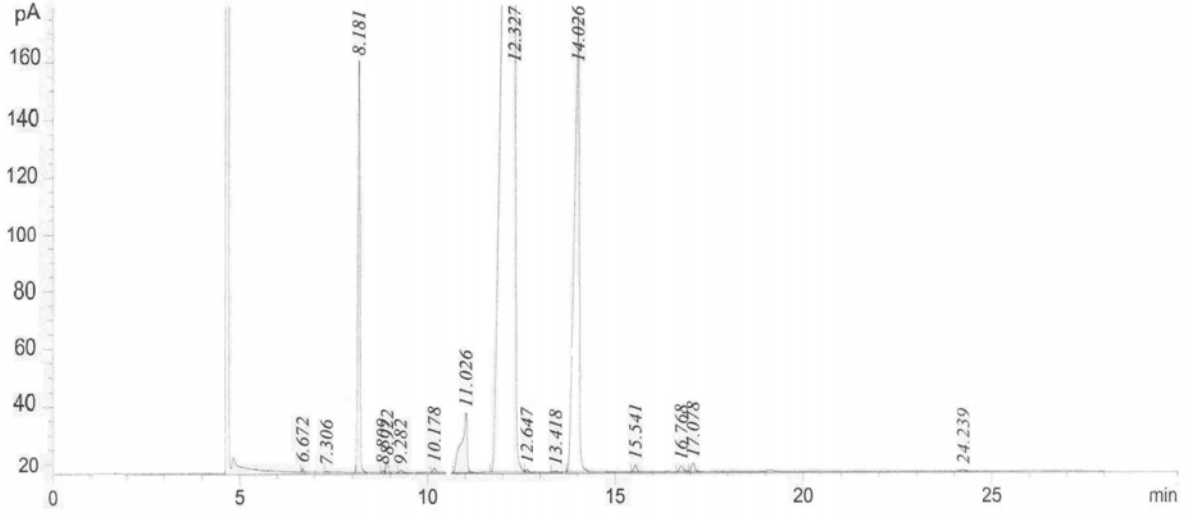


Kızartma işlemi öncesi riviera zeytinyağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram

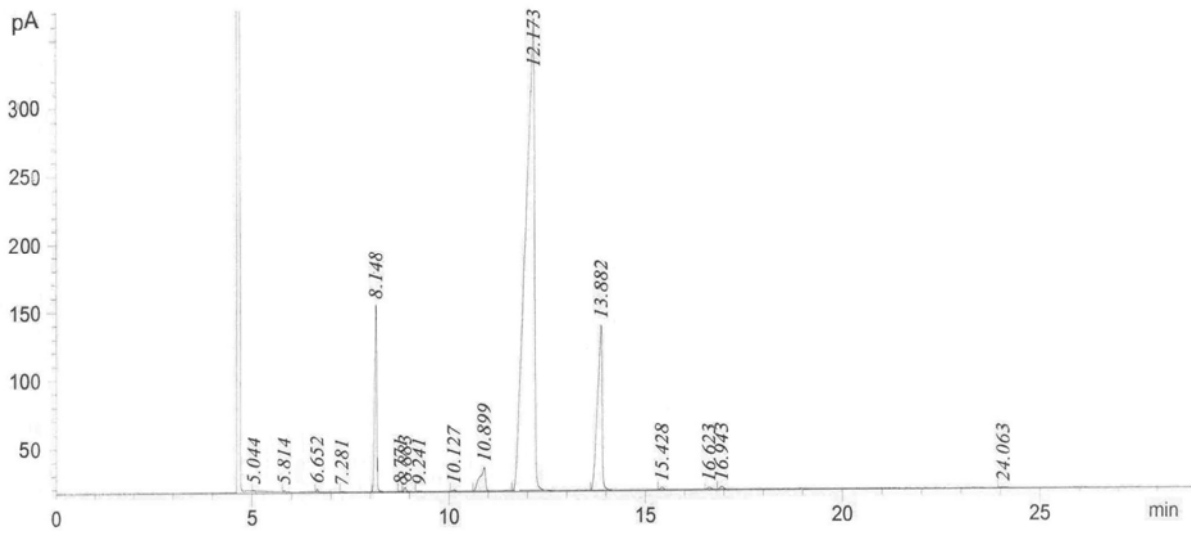


10. kızartma sonrası riviera zeytinyağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram

**EK 5.** Kızartma işlemi öncesi ve 10. kızartma sonrası rafine fındık yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogramlar



Kızartma işlemi öncesi rafine fındık yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram



10. kızartma sonrası rafine fındık yağına ait yağ asiti bileşimini gösteren kromatogram

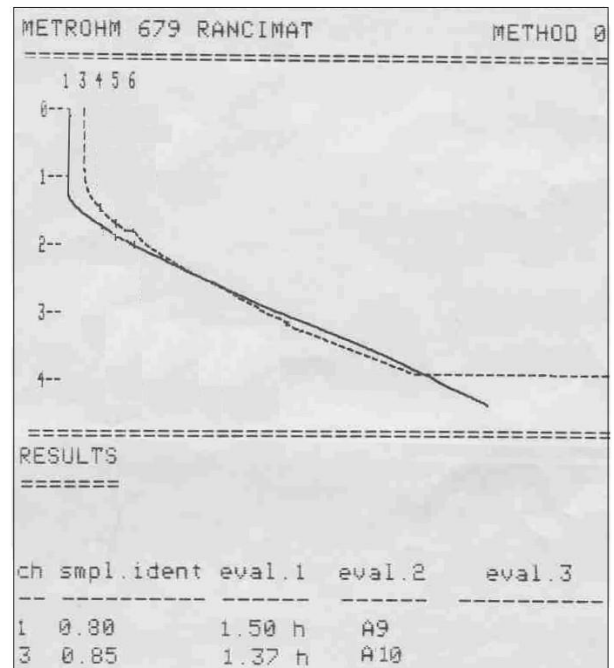
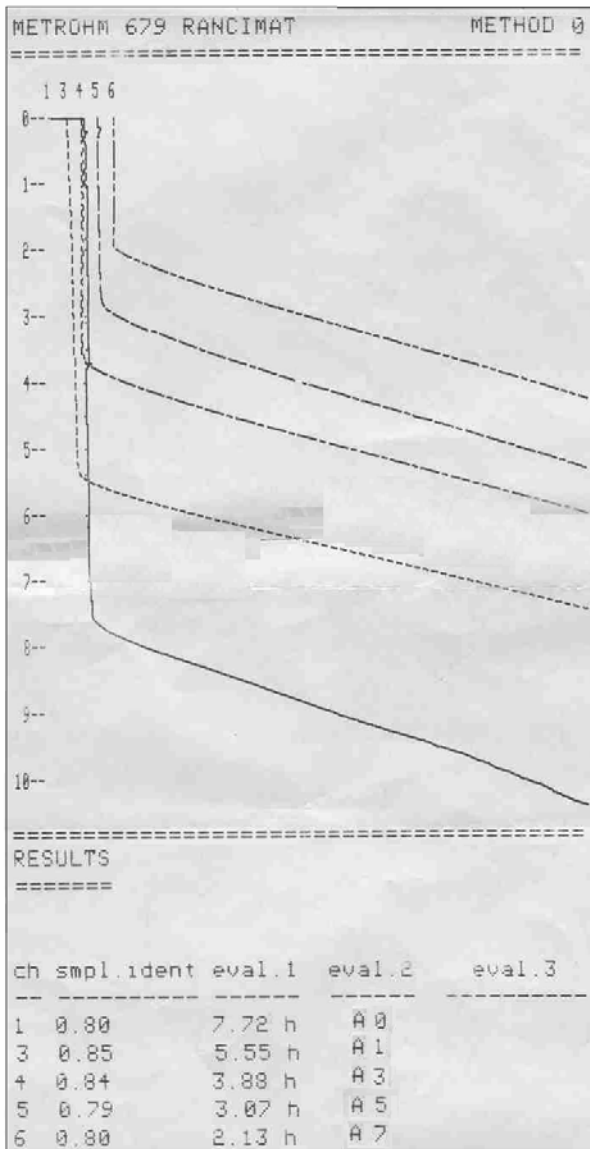
**EK 6.** Kızartma işleminde kullanılan bitkisel sıvı yağlara ait bazı örneklerin iletkenlik eğrisindeki kırılma noktaları (indüksiyon periyodu)

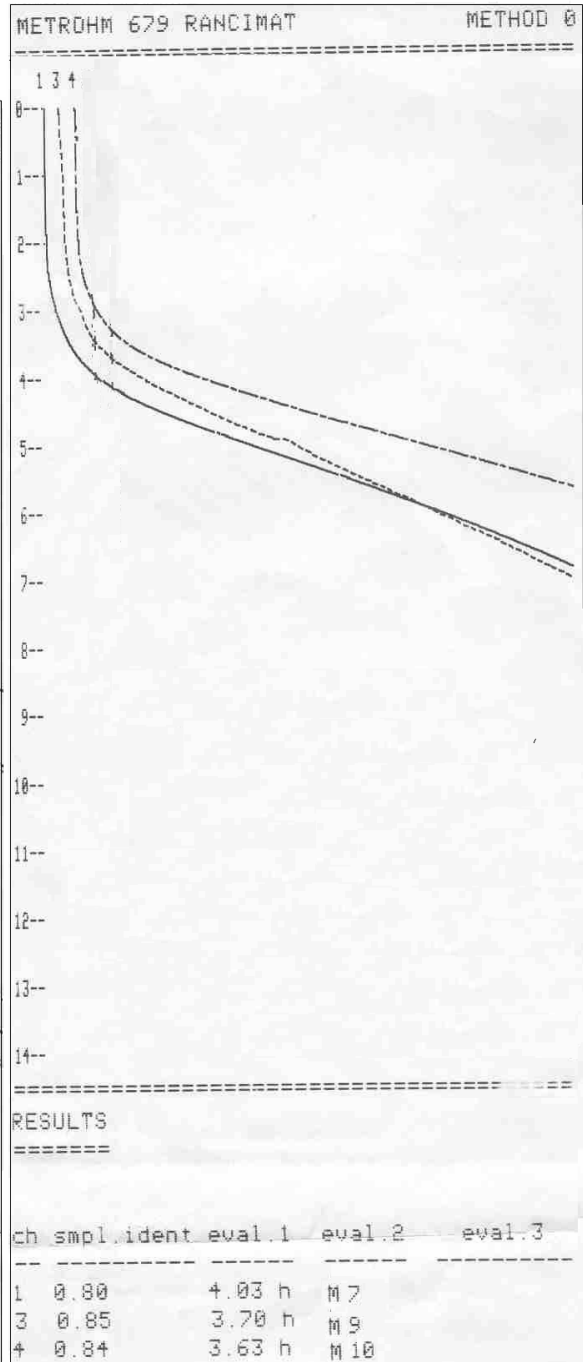
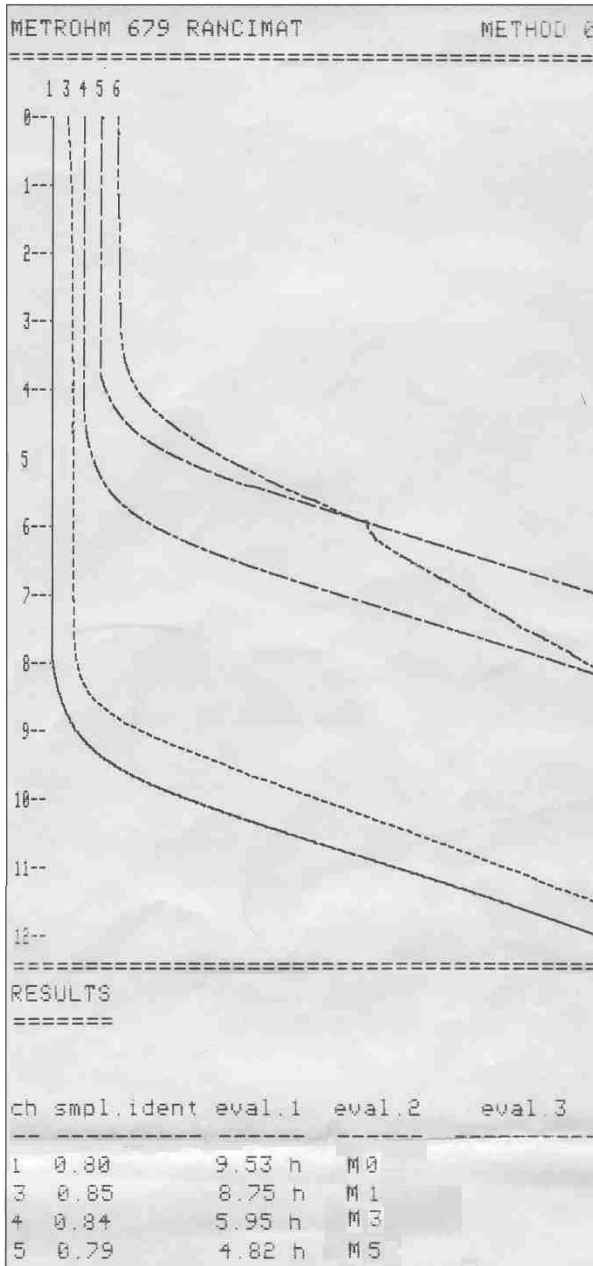
Bitkisel sıvı yağlara ait kodlar;

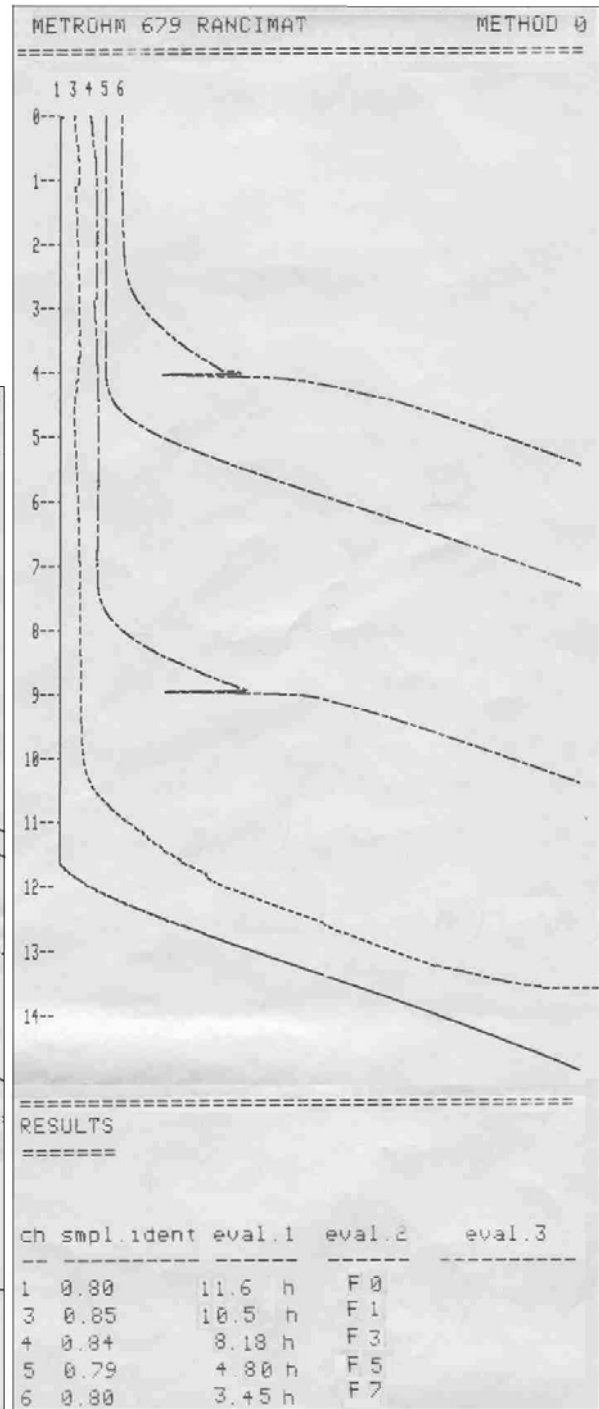
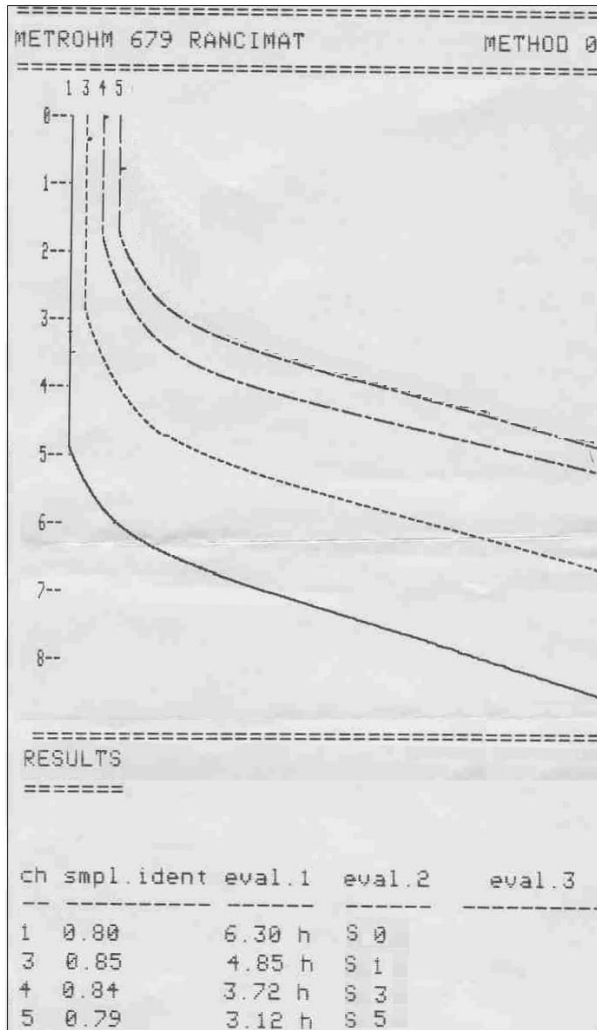
A	Rafine ayçiçeği yağı
S	Rafine soya yağı
M	Rafine mısırözü yağı
F	Rafine fındık yağı
Z	Riviera zeytinyağı

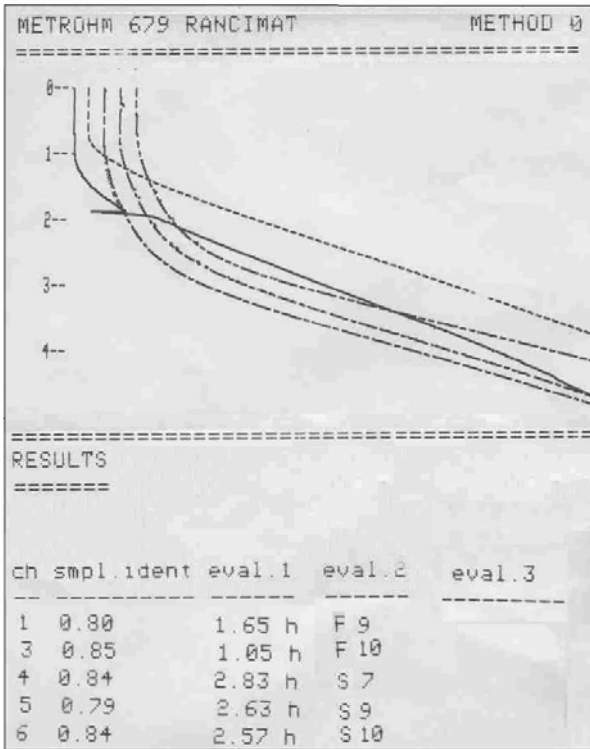
Kızartma süresince örneklerin alındığı kızartma sayıları;

0 (kontrol örneği), 1, 3, 5, 7, 9, 10







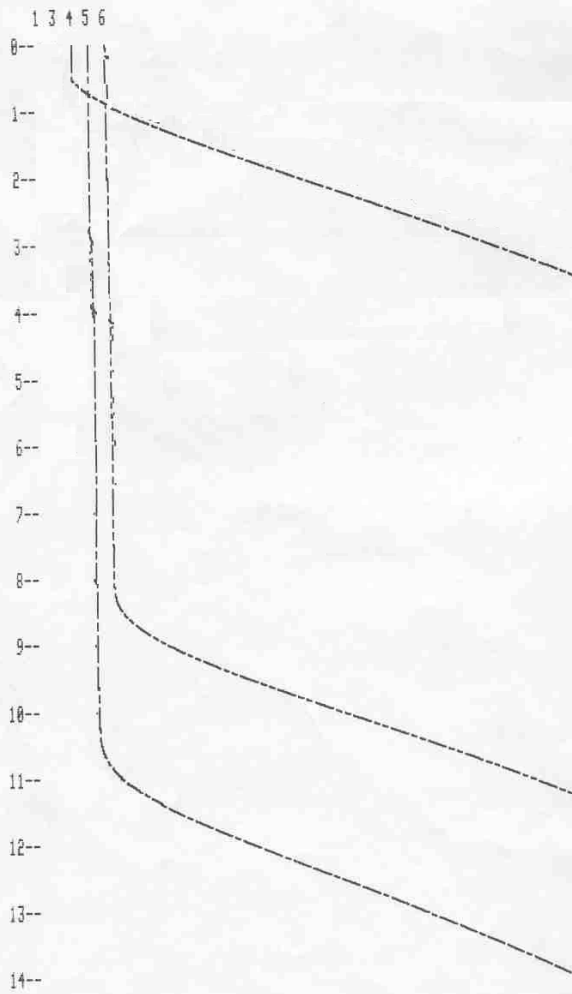




METROHM 679 RANCIMAT METHOD 0

DATE 02-06-21 TIME 13:53

t.DIV= 1.00 h 125.0 uS/cm



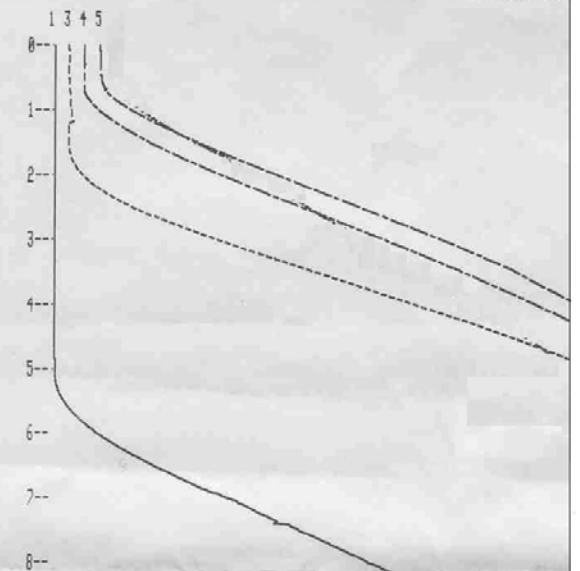
METROHM 679 RANCIMAT METHOD 0

RESULTS

=====

ch	smpl. ident	eval.1	eval.2	eval.3
4	0.84	0.57 h	210	
5	0.79	11.1 h	20	
6	0.80	0.82 h	21	

METROHM 679 RANCIMAT METHOD 0



RESULTS

=====

ch	smpl. ident	eval.1	eval.2	eval.3
1	0.80	5.82 h	23	
3	0.85	2.23 h	25	
4	0.84	0.88 h	27	
5	0.79	0.77 h	29	

## ÖZGEÇMİŞ

1982 İstanbul doğumluyum. İlkokul, ortaokul ve lise tahsilimi Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinde tamamladım. 2000 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünü kazandım ve 2004 yılında mezun oldum. 2006 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. 2006 yılında çalışmaya başladığım özel bir işletmede halen Gıda Mühendisi olarak çalışmaktayım.

Aysun Okur

Tekirdağ, 2008

Correlations

		yag	KS	FFA	PEROKSYT	RANSYMAT	C16	C18	C181T	C181C	C182T	C182C	C183T	C183C	YUZTRANS	YUZDOYMUS	YUZTEKD OYAMAMIS	YUZCOKLU DOYMAMIS	YUZTOPLAM DOYMAMIS	DOYMAMI SDOYMUS
yag	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1 1,000 70	,000 1,000 70	,079 514 70	-,018 885 70	,115 341 70	-,240* 045 70	,039 747 70	-,647** 000 70	,532** 000 70	-,871** 000 70	-,579** 000 70	,266* 026 70	,309** 009 70	-,749** 000 70	-,269* 024 70	,529** 000 70	-,521** 000 70	,268* 025 70	,421** 000 70
KS	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,000 1,000 70	1 1,000 70	,179 139 70	,928** 000 70	-,863** 000 70	,200 097 70	,072 556 70	,136 260 70	,003 980 70	,002 987 70	-,032 794 70	-,011 930 70	-,022 854 70	,022 860 70	,204 090 70	,003 983 70	-,033 789 70	-,204 090 70	-,181 134 70
FFA	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,079 514 70	,179 139 70	1 1,000 70	-,029 813 70	-,317** 007 70	,763** 000 70	,443** 000 70	-,600** 853 70	-,023 010 70	-,305* 015 70	-,172 154 70	,494** 000 70	,554** 000 70	-,264* 027 70	,835** 000 70	-,015 899 70	-,104 390 70	-,831** 000 70	-,758** 000 70
PEROKSYT	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,018 885 70	,928** 000 70	,029 813 70	1 000 70	-,858** 097 70	-,005 312 70	,123 020 70	,277** 020 70	-,034 782 70	,060 622 70	,037 758 70	-,028 817 70	-,048 696 70	,103 397 70	,045 711 70	-,035 773 70	,031 801 70	-,044 716 70	-,047 701 70
RANSYMAT	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,115 341 70	-,863** 000 70	-,317** 007 70	-,858** 000 70	1 000 70	-,206 087 70	-,303* 011 70	-,150 215 70	,144 233 70	-,085 486 70	-,095 432 70	-,141 243 70	-,138 256 70	-,136 260 70	-,309** 009 70	,143 237 70	-,106 381 70	-,310** 009 70	,330** 005 70
C16	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,240* 045 70	,200 097 70	,763** 000 70	-,005 970 70	-,206 087 70	1 000 70	,081 504 70	-,383** 001 70	-,235 050 70	-,530** 000 70	,098 467 70	,079 514 70	,318** 007 70	,326** 006 70	,039 749 70	,922** 000 70	-,229 056 70	,112 358 70	-,908** 000 70
C18	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,039 747 70	,072 556 70	,443** 000 70	,123 312 70	-,303* 011 70	,081 504 70	1 000 70	-,123 310 70	-,530** 000 70	,098 419 70	,440** 000 70	,788** 000 70	,800** 000 70	,313** 008 70	,429** 000 70	-,528** 000 70	,505** 000 70	-,396** 001 70	-,356** 002 70
C181T	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,647** 000 70	,136 260 70	-,600** 000 70	,277** 020 70	-,150 215 70	-,383** 001 70	-,123 310 70	1 000 70	-,296* 013 70	,706** 000 70	,446** 000 70	-,446** 000 70	-,507** 000 70	,640** 000 70	-,349** 003 70	-,299* 012 70	,372** 002 70	,370** 002 70	,248** 038 70
C181C	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,532** 000 70	,003 980 70	-,023 853 70	-,034 782 70	,144 233 70	-,235 050 70	-,530** 000 70	-,296* 013 70	1 000 70	-,789** 000 70	-,979** 000 70	-,580** 000 70	-,518** 000 70	-,900** 000 70	-,466** 000 70	1,000** 000 70	-,990** 000 70	,468** 000 70	,531** 000 70
C182T	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,871** 000 70	,002 987 70	-,305* 010 70	,060 622 70	-,085 486 70	,088 467 70	,098 419 70	,706** 000 70	-,789** 000 70	1 000 70	,860** 000 70	-,017 891 70	-,095 433 70	,958** 000 70	,180 135 70	-,789** 000 70	,812** 000 70	-,168 165 70	-,301* 011 70
C182C	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,579** 000 70	-,032 794 70	-,172 154 70	,037 758 70	-,095 432 70	,079 514 70	,440** 000 70	-,446** 000 70	-,979** 000 70	,860** 000 70	1 000 70	,447** 000 70	,373** 001 70	,955** 000 70	,294* 013 70	-,980** 000 70	,995** 000 70	-,293* 014 70	-,375** 001 70
C183T	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,266* 026 70	-,011 930 70	,494** 000 70	-,028 817 70	-,141 243 70	,318** 007 70	,788** 000 70	-,446** 000 70	-,580** 000 70	-,017 891 70	,447** 000 70	1 000 70	,991** 000 70	,207 086 70	,577** 000 70	-,579** 000 70	,531** 000 70	-,567** 000 70	-,491** 000 70
C183C	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,309** 009 70	-,022 854 70	,554** 000 70	-,048 696 70	-,138 256 70	,326** 006 70	,800** 000 70	-,507** 000 70	-,518** 000 70	-,095 433 70	,373** 001 70	-,991** 000 70	1 000 70	,130 284 70	,583** 000 70	-,516** 000 70	,463** 000 70	-,578** 000 70	-,493** 000 70
YUZTRANS	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,749** 000 70	,022 860 70	-,264* 027 70	,103 397 70	-,136 260 70	,039 749 70	,313** 008 70	,640** 000 70	-,900** 000 70	,958** 000 70	,955** 000 70	,207 086 70	,130 284 70	1 000 70	,211 079 70	-,901** 000 70	,926** 000 70	-,199 099 70	-,313** 008 70
YUZDOYMUS	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,269* 024 70	,204 090 70	,835** 000 70	,045 711 70	-,309** 009 70	,922** 000 70	,429** 000 70	-,349** 003 70	-,466** 000 70	,180 135 70	,294* 013 70	,577** 000 70	,583** 000 70	,211 079 70	1 000 70	-,460** 000 70	,345** 003 70	-,985** 000 70	-,956** 000 70
YUZTEKD OYAMAMIS	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,529** 000 70	,003 983 70	-,015 899 70	-,035 773 70	,143 237 70	-,229 056 70	-,528** 000 70	-,299* 012 70	1,000** 000 70	-,789** 000 70	-,980** 000 70	-,579** 000 70	-,516** 000 70	-,901** 000 70	-,460** 000 70	1 000 70	-,991** 000 70	,462** 000 70	,525** 000 70
YUZCOKLU DOYMAMIS	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	-,521** 000 70	-,033 789 70	-,104 390 70	,031 801 70	-,106 381 70	,112 358 70	,505** 000 70	,372** 002 70	-,990** 000 70	,812** 000 70	,995** 000 70	,531** 000 70	,463** 000 70	,926** 000 70	,345** 003 70	-,991** 000 70	1 000 70	-,344** 004 70	-,413** 000 70
YUZTOPLAM DOYMAMI	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,268* 025 70	-,204 090 70	-,831** 000 70	-,044 716 70	,310** 009 70	-,908** 000 70	-,396** 001 70	,370** 002 70	,468** 000 70	-,293* 165 70	-,567** 014 70	-,578** 000 70	-,199 099 70	-,985** 000 70	,462** 000 70	-,344** 004 70	1 004 70	,974** 000 70	
DOYMAMISDOYMUS	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,421** 000 70	-,181 134 70	-,758** 000 70	-,047 701 70	,330** 005 70	-,872** 000 70	-,356** 002 70	,248* 038 70	,531** 000 70	-,301* 011 70	-,375** 001 70	-,491** 000 70	-,493** 000 70	-,313** 008 70	-,956** 000 70	,525** 000 70	-,413** 000 70	,974** 000 70	1 70

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

EK 7. Korelasyon Katsayıları