

**T.C.  
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KIZARTMA YAĞLARINA UYGULANAN  
YENİ ADSORBEN KARIŞIMININ  
ETKENLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Erdim BULUT  
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Tezin Sunulduğu Tarih: 20.07.2009**

**Tez Danışmanı:  
Yrd. Doç. Dr. Emin YILMAZ**

**ÇANAKKALE**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**Erdim BULUT**, tarafından **Yrd. Doç. Dr. Emin YILMAZ** yönetiminde hazırlanan “**KIZARTMA YAĞLARINA UYGULANAN YENİ ADSORBEN KARIŞIMININ ETKENLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....  
**Yrd. Doç. Dr. Emin YILMAZ**  
\_\_\_\_\_

**Jüri Başkanı**

.....  
**Yrd. Doç. Dr. N. Barış TUNCEL**  
\_\_\_\_\_

**Jüri Üyesi**

.....  
**Doç. Dr. Yusuf DİLGİN**  
\_\_\_\_\_

**Jüri Üyesi**

**Sıra No:.....**

**Tez Savunma Tarihi: 20/07/2009**

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Neşet AYDIN**

**Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü**

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi TÜBİTAK tarafından TOVAG 108 O 565 no'lu projeden desteklenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Tezimin fikir aşamasından sonuçlanmasına kadar olan süreçte değerli vaktini ve sahip olduğu bilimsel birikimlerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü maddi ve manevi desteği ve fedakârlığı hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli Danışmanım ve Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Emin YILMAZ'a;

Bölüm başkanım Sayın Doç. Dr. Cengiz CANER'e;

Çalışma kapsamındaki birçok analizde bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Arş. Görevlisi Onur GÜNEŞER'e;

Çalışma kapsamında istatistiksel kurgu ve değerlendirmeler konusunda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Arş. Görevlisi Mehmet Seçkin ADAY'a;

Çalışmam boyunca manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarına birçok yönden katkıda bulunan tüm Değerli Hocalarıma ve Arkadaşlarıma;

Yüksek lisans tezime sağladığı destekten dolayı TÜBİTAK'a;

Eğitimim ve çalışmalarım boyunca yanımda olan ve desteklerini benden esirgemeyen Aileme;

Teşekkür Ediyorum.

**Erdim BULUT**

**Haziran 2009**

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>µg</b>	: Mikrogram
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AOCS</b>	: Amerikan Yağ Kimyacıları Derneği
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>Cd</b>	: Kadminyum
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>Fe</b>	: Demir
<b>FOS</b>	: Food Oil Sensor
<b>g</b>	: Gram
<b>GLC</b>	: Gaz-Sıvı Kromatografisi
<b>HACCP</b>	: Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>kcal</b>	: Kilokalori
<b>L</b>	: Litre
<b>M</b>	: Molarite
<b>meq</b>	: Milieşdeğer
<b>mg</b>	: Miligram
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>mPa</b>	: Milipaskal
<b>mV</b>	: Milivolt
<b>N</b>	: Normalite
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>Pb</b>	: Kurşun
<b>ppm</b>	: Milyonda Bir Birim
<b>s</b>	: Saniye
<b>TGK</b>	: Türk Gıda Kodeksi
<b>TPM</b>	: Toplam Polar Madde
<b>UV</b>	: Ultraviyole

## ÖZET

### KIZARTMA YAĞLARINA UYGULANAN YENİ ADSORBEN KARIŞIMININ ETKENLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Erdim BULUT

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emin YILMAZ

Haziran 2009, Sayfa Sayısı: 72

Bu araştırmanın amacı kızartma yağlarının kullanım ömrünü ve verimliliğini artırmak için yeni bir adsorban madde karışımının etkenliğinin belirlenmesidir. İlk bölümde diatom toprağı, zeolit ve kireç ayrı ayrı olarak iyice bozunmuş kızartma yağına katılarak etkenlikleri ölçülmüş ve sonrasında bunun en ideal kullanım oranı olarak %10'luk katım seviyesi belirlenmiştir. Sonraki bölümde, iki yağ (ayçiçeği yağı ve rafine pirina yağı) kızartmalık yağ olarak seçilmiş ve 5 ardışık gün boyunca hamur kızartma işlemi hem kontrol hem de adsorbanla muameleli olarak yapılmıştır. Her iki grup örnek de dikkate alındığında, sırasıyla ayçiçeği yağı ve rafine pirina yağı için ölçüm aralıkları şöyle bulunmuştur; viskozite (54,2-100,42 ve 64,80-103,42 cP), bulanıklık (0,39-1,06 ve 2,03-3,28 BTU), kırılma indisi (1,475-1,477 ve 1,470-1,472), dumanlanma noktası (216-235 ve 171,12-185 °C), L değeri (41-54 ve 44,99-61,71), a\* değeri (0,17-(-4,21)) ve 0,84-(-3,76)), b\* değeri (3,42-14,28 ve 9,65-29,05), serbest asitlik (0,11-0,24 ve 0,22-0,59 %oleik asit), peroksit sayısı (0,99-26,50 ve 3,11-12,28 meqO<sub>2</sub>/kg), konjuge dienoik asitler (0,27-2,57 ve 0,28-1,29 %), toplam polar madde-prob (6,50-27,37 ve 4,25-26,50 %), toplam polar madde (7,05-28,72 ve 4,95-29,99 %), ve hamurların absorbe ettiği yağ miktarı (10,12-25,23 ve 13,48-26,02 %). Ayrıca ölçülen parametrelerden serbest asitlik, toplam polar madde, konjuge dienoik asitler, viskozite ve bulanıklık arasında önemli pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Dumanlanma noktası nerdeyse tüm diğer parametrelerle negatif korelasyon göstermiştir. Literatürdeki diğer benzer adsorbanların aksine bu çalışmada kullanılan

karışım daha sınırlı bir etkenlikte bulunmuştur. Her iki yağ örneğinde de serbest asitlik hariç adsorban muamelesi kontrolden çok farklı değildir. İki yağ örneğinde ölçülen değerlerde çoğunlukla benzer aralıklardadır. Sadece rafine pirina yağında ölçülen dumanlanma noktası hem ayçiçeği yağından hem de literatürde kendisi için bildirilen aralıktan çok daha düşük ölçülmüştür. Problarla yapılan çok hızlı toplam polar madde ölçümünün resmi metot kadar doğru sonuç verdiği görülmüştür. Oldukça ucuz da olan bu problemlerin piyasa kontrolleri için kullanılacağı önerilmiştir. Yine peroksit sayısının kızartma yağlarında bozunmanın iyi bir ölçütü olmadığı belirlenmiştir. Genel olarak rafine pirina yağının oldukça iyi bir kızartma yağı olabileceği sonucuna da ulaşılmıştır. Yine kızartma yağlarının adsorban muamelesinin hamurların yağ emilimini de azalttığı ve bunun beslenme açısından olumlu olduğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak bu araştırmada değerlendirilen yeni adsorban karışımının kızartma yağları için çok etken bir tedavi tekniği olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Kızartma, Adsorban, Ayçiçeği Yağı, Rafine Pirina Yağı, Kalite, Analiz, Karşılaştırma.

## ABSTRACT

### RESEARCH OF THE EFFECTIVENESS OF NEW ADSORBAN MIXTURE FOR FRYING OILS

Erdim BULUT

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Food Engineering Division, Thesis of Master of Science

Advisor: Assist. Prof. Dr. Emin YILMAZ

June 2009, Page Number: 72

The aim of this research was to determine the effectiveness of a new adsorbent mixture to expand usage life and productivity of frying oils. In the first part, diatomaceous earth, zeolite and lime have added separately into very deteriorated frying oils and their effectiveness were measured, and then the ideal addition level of 10% was selected. In the following part, two oils (sunflower oil and refined olive pomace oil) were selected and 5 consecutive days of doughnut frying were performed for both control and adsorbent treated groups. When the two groups are taken into consideration, the following ranges were measured for sunflower and refined olive pomace oils respectively; viscosity (54,2-100,42 ve 64,80-103,42 cP), turbidity (0,39-1,06 ve 2,03-3,28 BTU), refractive indice (1,475-1,477 ve 1,470-1,472), smoke point (216-235 ve 171,12-185 °C), L value (41-54 ve 44,99-61,71), a\* value (0,17-(-4,21)) and 0,84-(-3,76)), b\* value (3,42-14,28 ve 9,65-29,05), free acidity (0,11-0,24 ve 0,22-0,59 %oleic acid), peroxide value (0,99-26,50 ve 3,11-12,28 meqO<sub>2</sub>/kg), conjugated dienoic acids (0,27-2,57 ve 0,28-1,29 %), total polar materials-prob (6,50-27,37 ve 4,25-26,50 %), total polar materials (7,05-28,72 ve 4,95-29,99 %) and fat absorbed by doughnuts (10,12-25,23 ve 13,48-26,02 %). In addition, important positive correlations among the free acidity, total polar materials, conjugated dienoic acids, viscosity and turbidity were determined. Smoke point was shown negative correlations with almost all the other parameters. Contrary to the results shown in literature for similar absorbents, the effectiveness of this new adsorbent mixture was found very limited. For both oil samples, there were not much difference between the control and treated groups,

except the free acidity values. The measured ranges for the two oil samples were also similar. The smoke point value measured for refined olive pomace oil is lower than sunflower oil and literature value reported for itself. Quick prob measurements of total polar materials were found as accurate as official method. The very cheap probs are suggested for routine market inspections. Peroxide value was found as not a good indicator of degradation in frying oils. In general, the results suggest that refined olive pomace oil can be a very good frying fat. Also, adsorbent treatment has lowered the absorbed fat in fried doughnuts and this is believed good for nutrition. In conclusion, it has been determined in this research that the new adsorbent mixture is not an effective treatment technique for frying oils.

**Keywords:** Frying, Adsorbent, Sunflower Oil, Refined Olive Pomace Oil, Quality, Analysis, Comparison.



## İÇERİK

Sayfa

TEZ SINAV SONUÇ BELGESİ.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii

<b>BÖLÜM 1- GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Bitkisel ve Kızartmalık Yağlara Ait İstatistiksel Veriler.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. ABD’de Kızartılan Patates Cipslerine Ait İstatistiksel Veriler.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Kızartma İşleminin Fiziki ve Kimyası.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Kızartma Sırasında Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişimler.....</b>	<b>6</b>
1.4.1. Kızartılan üründe meydana gelen değişimler.....	6
1.4.2. Kızartma yağında meydana gelen değişimler.....	7
1.4.2.1. Yağın hidrolizi.....	9
1.4.2.2. Yağın oksidasyonu .....	10
1.4.2.3. Yağın polimerizasyonu.....	12
<b>1.5. Derin Yağda Kızartma Sırasında Yağın Kalitesini Etkileyen Faktörler.....</b>	<b>13</b>
1.5.1. Taze yağla yenileme.....	13
1.5.2. Kızartma süresi ve sıcaklığı.....	13
1.5.3. Kızartma yağının kalitesi.....	13
1.5.4. Gıdanın bileşimi.....	15
1.5.5. Kızartıcı tipi.....	15
1.5.6. Antioksidanlar.....	15
1.5.7. Yağdaki çözülmüş oksijen içeriği.....	16
<b>1.6. Kızartma Yağlarının ve Kızartılmış Gıdaların Aroma Kalitesi.....</b>	<b>16</b>
<b>1.7. Kızartma Yağlarını Değerlendirmede Kullanılan Analitik Metotlar.....</b>	<b>16</b>
<b>1.8. Kızartılan Gıdaların Yağ Absorbsiyonu.....</b>	<b>19</b>
<b>1.9. Kızartma Yağlarının Ömrü.....</b>	<b>20</b>

<b>1.10. Kızartma Yağlarıyla İlgili Yasal Düzenlemeler.....</b>	<b>21</b>
1.10.1. Avrupa’da taze kızartma yağlarıyla ilgili düzenlemeler.....	21
1.10.2. Avrupa’da kullanılmış kızartma yağlarıyla ilgili düzenlemeler.....	23
1.10.3. ABD’deki yasal düzenlemeler.....	24
1.10.4. Türkiye’deki yasal düzenlemeler.....	25
<b>1.11. Kızartma Yağlarının Adsorbanlarla Muamelesi.....</b>	<b>26</b>
1.11.1. Kızartma yağlarında kullanılan adsorbanlar.....	28
1.11.1.1. Magnezyum silikat (Magnesol®).....	28
1.11.1.2. Silika jel (Britesorb™).....	29
1.11.1.3. Frypowder (Miroil).....	29
1.11.1.4. OilFresh™ 1000.....	29
<b>BÖLÜM 2- ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>30</b>
<b>BÖLÜM 3- MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. Materyaller.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2. Yöntemler.....</b>	<b>33</b>
3.2.1. Kızartma işlemi .....	33
3.2.1.1. Adsorban karışımının ve kullanım oranının belirlenmesi.....	34
3.2.2. Fiziksel özellikler.....	35
3.2.2.1. Viskozite değeri.....	35
3.2.2.2. Türbidite (bulanıklık) değeri.....	35
3.2.2.3. Kırılma indisi.....	35
3.2.2.4. Dumanlanma noktası.....	35
3.2.2.5. Renk değeri.....	36
3.2.3. Kimyasal özellikler.....	36
3.2.3.1. Serbest yağ asitliği.....	36
3.2.3.2. Peroksit sayısı.....	37
3.2.3.3. Konjuge dienoik asitlerin spektrofotometrik tayini.....	37
3.2.3.4. Toplam polar madde (food oil sensor).....	38
3.2.3.5. Toplam polar madde (kolon kromatografisi).....	38
3.2.4. Hamurların absorbe ettiği yağ miktarı.....	39
3.2.5. İstatistiksel analizler.....	39
<b>BÖLÜM 4- ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1. Her Bir Adsorban Materyalinin Etkenliğinin Belirlenmesi.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2. Adsorban Karışımının Kullanım Oranının Belirlenmesi.....</b>	<b>42</b>

4.3. Ayçiçeği Yağında “Kontrol” ve “Adsorbanla Muamele Edilmiş”.....	44
Kızartma İşlemlerine Ait Veriler	
4.4. Rafine Pirina Yağında “Kontrol” ve “Adsorbanla Muamele Edilmiş”.....	48
Kızartma İşlemlerine Ait Veriler	
4.5. Ayçiçeği ve Rafine Pirina Yağının Kızartma Süresince.....	52
Karşılaştırılmaları	
4.6. Kızartma Yağlarında Ölçülen Parametrelerin Korelâsyonları.....	63
<b>BÖLÜM 5- SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>70</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>I</b>
Çizelgeler.....	<b>XII</b>
şekiller.....	<b>XIV</b>
Özgeçmiş.....	<b>XV</b>

## **BÖLÜM 1**

### **GİRİŞ**

Kızartma, gıdaların tat ve tüketilebilirlik kalitesini geliştirmek amacıyla 4000 yıldan fazla bir süredir uygulanan bir temel işlemdir. Bu yöntem ilk olarak antik zamanlarda Çinliler tarafından bulunmuş ancak günümüzde tüm dünyadaki ev, restoran ve endüstriyel kuruluşlarda uygulanmasıyla birlikte oldukça yaygınlaşmıştır. Bu popülerlik pişirilen gıdada istenen özelliklerin sağlanma hızıyla alakalı olmaktadır. Kızartma işlemi gıdayı ortasına kadar pişirmekte ve gıdanın yüzeyinde kabuk oluşturmasıyla beraber karakteristik bir kızartılmış gıda aroması oluşmasını sağlamaktadır (Rossell, 2001).

Yemeklik yağın ısıtılıp pişirme aracı olarak kullanılmasından dolayı kızartma işlemi, gıdaları pişirmede en hızlı ve en basit yöntemlerden biri olmaktadır. Ayrıca kızartma işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklık nedeniyle, gıda maddesinin yüzeyindeki, hatta dilimlenmiş formda olması hâlinde, tüm kitlesindeki suyun uçurulması söz konusudur. Bunun yanında yine işlem sıcaklığı nedeniyle, mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonları da önemli ölçüde sağlandığından, kızartılmış gıdaların raf ömrü diğer pişirme teknikleri ile hazırlanan gıdalara kıyasla daha uzun olmaktadır. Ancak balık ve kümes hayvanlarından elde edilen ürünlerde, içerdikleri nem oranının kızartma sonrasında bile yüksek olması, onların raf ömürlerinin diğer kızartılmış ürünlere kıyasla daha kısa olmasına yol açmaktadır. Çünkü bu tür gıdaların depolanmaları sırasında, kendilerine ait yağların sıvı karakterde olması ve daha yüksek nem içermeleri daha kolay kontamine olmalarına neden olmaktadır. Kızartılmış yiyecekler birkaç günlük süre için bile olsa dondurularak saklanmalıdır. Ancak ön kızartma işlemi yapılarak nem oranı düşürülen patates cipsleri, uygun sıcaklıkta tutulmaları halinde 12 aya kadar depolanabilmektedir (Kayahan, 2002).

Son zamanlarda yapılan araştırmalar kızartma işleminin organizmaya, özellikle fizyolojik olarak, faydalı olabildiğini göstermiştir. Bu nedenle yeterince popüler olmayan alanlarda kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Kızartılan gıdanın kolayca sindirilmesi veya mideye oturması büyük çapta kullanılan yağın tipine, sıcaklığına ve gıdanın kızartılma şekline bağlı olmaktadır. Öte taraftan “fast-food” (hazır beslenme) kültürü ile obezite arasındaki ilişki de unutulmamalıdır. “Fast-food” sektörünün belkemiğini ise kızartılmış ürünler oluşturmaktadır.

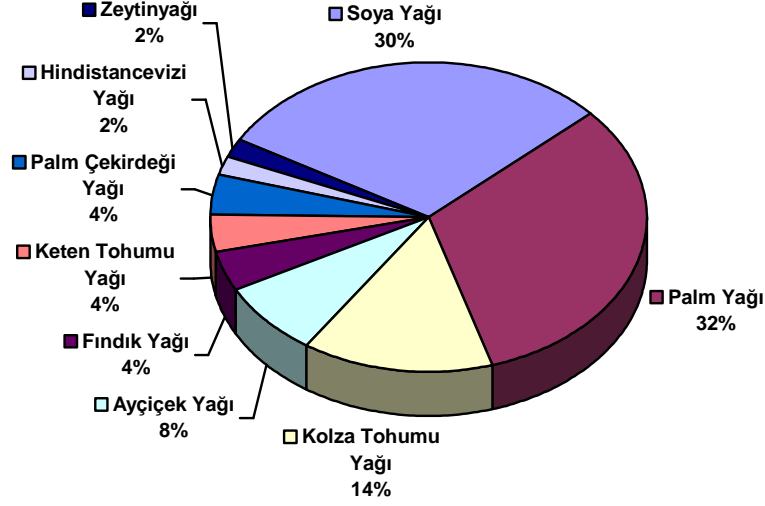
**1.1. Bitkisel ve Kızartmalık Yağlara Ait İstatistiksel Veriler**

Kızartılmış gıdalar insan diyetinin önemli bir kısmını oluşturur. Yemeklik yağların önemli bir yüzdesi kızartmalık olarak tüketilmektedir. Oldukça eski ve popüler bir gıda işleme şekli olan kızartma ile farklı türlerde çok sayıda hazır gıda, çerez ve yemek üretilmektedir. 1993 yılında ABD’de üretilen yağların %42’si hazır gıda sektöründe kullanılmıştır ve kullanılan bu yağların da %57’si kızartmalık yağ ve “shortening” olarak harcanmıştır (McGee, 1993). Kızartmalarda kullanılan yağın yaklaşık yarısı gıda ile tüketilirken, kalan yarısı da atık yağ olarak ortaya çıkmaktadır (Hunter ve Applewhite, 1993). 2005 yılında ABD’de ticari kızartma sektörü 83 milyar \$ değerini aşmıştır ve bu değer dünyanın geri kalan tüm toplamının yaklaşık iki katı kadardır (Choe ve Min, 2007).

Son 25 yılda dünyadaki yağ tüketimi sabit bir hızla artmaktadır. İstatistiklere göre 2002 yılında 121 milyon ton olan yağ tüketimi 2007 yılına geldiğimizde 153 milyon tona ulaşmıştır (Çizelge 1) (Anonim1, 2009). Bu beş yıllık dönem için tüketimde görülen gelişme yaklaşık %5 olmaktadır. Şekil 1’de ise dünyadaki bitkisel yağların tüketim oranları görülmektedir.

Çizelge 1. Dünyadaki bitkisel yağların tüketim miktarları (Anonim1, 2009)

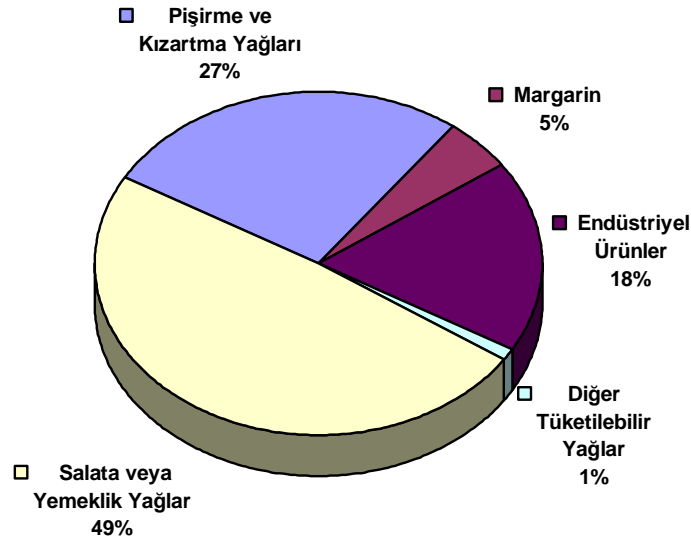
Bitkisel Yağ	Tüketim (milyon ton)
Palm Yağı	40,8
Soya Yağı	38,4
Kolza Tohumu Yağı	18,0
Ayçiçeği Yağı	10,1
Fıstık Yağı	5
Pamuk Çekirdeği Yağı	4,9
Palm Çekirdeği Yağı	4,8
Hindistancevizi Yağı	3,3
Zeytinyağı	3,0



Şekil 1. Dünyadaki bitkisel yağların tüketim oranları (2007 yılı) (Anonim2, 2008).

Avrupa'da 17 milyon ton bitkisel yağ tüketilmekte ve bu miktar her sene %2 oranında artmaktadır. Türkiye genelinde ise bu miktar yaklaşık 1,5 milyon ton seviyesindedir (Çanakçı, 2008). ABD'de en sık tüketilen yağ soya yağıdır. Soya yağının kullanım oranları Şekil 2'de görülmektedir.

Dünyada her sene yaklaşık 20 milyon ton yağ kızartmalık olarak tüketilmektedir. Dünyada cips üretimi için tüketilen toplam yağ miktarı ise haftada 400 tondur (Rossell, 2001).



Şekil 2. ABD’de soya yağının tüketim şekli (2007 yılı) (Anonim2, 2008).

### 1.2. ABD’de Kızartılan Patates Cipslerine Ait İstatistiksel Veriler

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 2000 yılı içerisinde 4,2 milyon ton olan patates kızartması üretimiyle dünyada birinci konumdadır. Her sene ABD’deki restoranlar tarafından tüketilen kızartma yağı miktarı 2,2 milyon tondur (Plummer, 2002). Patatesi kızartmak için kullanılan yağ büyük çoğunlukla soya fasulyesinden elde edilmektedir. Amerika’nın orta batısında bulunan altı eyalet, ülkenin toplam pişirme yağının yüzde 80’ini tüketmekte ve bu tüketimin büyük çoğunluğu ise kızartma yağı olarak kullanılmaktadır. Kızartma için mısır ve pamuk tohumu yağı da kullanılmaktadır. Önceleri kızartmalarında katı yağ kullanan McDonald’s da, giderek artan sağlık sorunları üzerine, Yeni Zelanda hariç, bitkisel bazlı sıvı yağlara dönüşüm yapmıştır (Anonim3, 2008).

Bugün en büyük kızarmış patates imalatçısı McChain isimli bir Kanada firmasıdır. Bu firma saniyede 125 kg patates kızartmaktadır. Bu kızartma patatesler “fast-food” dediğimiz ve daha çok gençlerin rağbet ettiği restoran zincirlerine satılmaktadır. Amerika’da patatesin %25’inden fazlası kızartma olarak tüketilmektedir. Kızarmış patates McDonald’s’ta en çok satılan ürün olmaktadır. Burger King’de ise yüzde 90 oranında sipariş edilmektedir (Anonim3, 2008).

### **1.3. Kızartma İşleminin Fiziği ve Kimyası**

Kızartma işlemi; gıdanın, sıcaklığı yaklaşık 150-180 °C’de olan kızgın yağ içerisinde belli süre tutulmasıyla pişirilmesidir. Burada aynı anda yağ, gıda ve hava arasında ısı ve kütle transferi olayları oluşur. Kızartma yağı hem ısı transferi için pişirme ortamı hem de kızartılmış gıdanın bir bileşeni olarak lezzet ve doku gelişimine katkıda bulunur. Kızartılmış gıdaların popülerliği, yüzey dokusu ve çıtırlığı ile lezzetinden dolayıdır. Ortamdaki sıcaklık gıdanın yüzeyindeki nemi %3’ün altına düşürür ve ortamdan buhar halinde uzaklaşan suyun bıraktığı boşluklara yağ girer. Absorbe edilen bu yağ, kabuğun gevrekliğini sağlar ve hoşça giden yeme kalitesi ve lezzetini verir. Ürün türüne göre absorbe edilen yağ %15-40 arasında değişir (Smith ve ark, 1985; Choe ve Min, 2007).

Kızartma işleminin mekanizması kısmen basittir. Sıcak yağ, gıda maddesinin pişmesi için ısı transfer ortamı olarak işlev görür. Kızartılacak gıda sıcak yağın içine daldırıldığında, yüzey sıcaklığı hızla yükselir ve içerdiği su buharlaşarak gıdadan uzaklaşmaya, katı yağlar da ergimeye başlar. Oluşan buhar ve ergimiş yağ gıdanın iç kısımlarında yüzeye ve yüzeyden de kızartma yağının içine geçer. Gıdadan uzaklaşan su buharı öncelikle geniş çaplı gözeneklerden uzaklaşırken oluşan boşluklar yağ tarafından doldurulur. Ancak buhar öncelikle gıda yüzeyinde yağdan oluşan ince film tabakasını aşmak zorundadır. Bu film tabakasının kalınlığı yağın viskozitesi veya akıcılığına bağlı olup ısı transfer hızını belirlemektedir. Bu arada gıda maddesi içinde oluşan su buharı basıncı, oluşacak nem kaybının ardındaki en önemli güçtür (Blumenthal, 1991).

Su gıdadan uzaklaşırken oluşan kapiler boşluklara da kızartma yağı girmeye başlar. Gıdanın merkezine ulaşan ısı enerjisiyle de pişme hadisesi yani nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu gerçekleşir. Kısa bir süre sonra, gıdanın yüzeyinde oluşan kuruma sonucu, içe doğru ilerleyen bir kabuklaşma meydana gelir. Bundan sonraki aşamada ise, gıdanın yüzey sıcaklığı içinde bulunduğu yağın sıcaklığına kadar yükselir. İşlem süresince oldukça karmaşık kütle ve ısı transfer olayları oluşmaktadır. Aynı zamanda da özel çıtır gevrek doku ve lezzet meydana gelmiş olur (Blumenthal, 1991).

Isı transferindeki farklılıklar esas alınarak kızartma işlemi 2 ana gruba ayrılmaktadır;

a. Temaslı (Sığ) Kızartma: Bu yöntemde, birim hacme düşen yüzey alanı büyük olan kızartma sistemlerinden yararlanır. Bu tip kızartmada kullanılan yağ tabakasının kalınlığı, kızartılacak materyal yüzeyinin ısıtıcı yüzeye yapabildiği temas oranına bağlı olarak değişir. Bu yöntemle ısıtma sathından gıda yüzeyine olması gereken ısı transferi, ince bir yağ tabakası aracılığı ile sağlanacak ortamdaki ısı transferinin hemen tümü konveksiyon yolu ile oluşmaktadır (Kayahan, 2002).



b. Derin Kızartma: Derin kızartma, ısı transferinin yağ içinde konveksiyon ve gıda maddesinde kondüksiyon yolu ile oluştuğu bir yöntemdir. Bu yöntemde gıda yüzeyi yağ tarafından tümüyle sarıldığı için her noktada ısı transferi eşittir ve kızartma tek düze olur. Bu yöntem her türlü gıdaya uygulanabilmesine karşın düzensiz yüzeye sahip olan gıdalarda oluşan taşmalardan dolayı yağ kaybı artabilmektedir. Bu teknikte başlangıçtaki ısı transfer katsayısı gıda yüzeyinde kabuk oluşumundan sonra su buharının neden olduğu türbülans sonucu yükselmektedir. Ancak buharlaşma hızı çok yüksek olduğunda bu katsayı değeri tekrar düşmektedir (Kayahan, 2002).

Sığ kızartma işleminde yüzeysel ya da temaslı kızartma ekipmanları kullanılır. Ancak ticari açıdan derin kızartma ekipmanları daha büyük önem taşır. Bu ekipmanlar paslanmaz çelikten yapılmış bir taşıyıcı bant ile bu bant tarafından kızartılacak materyalin içinde taşındığı ve termostatik sıcaklık kontrollü bir yağ tankından oluşur. Eğer gıdanın yoğunluğu yağdan fazla ise kızartma işlemi sorunsuz yapılır, ancak gıdanın yoğunluğu yağdan az ise daldırıcı banttan yararlanır. Bu sistemlerde kızartma süresi hem bant hızına hem de sıcaklığa bağlıdır ve saatte 15 tona kadar gıda kızartabilecek kapasiteye sahiptirler. Kızartma sonucu kirlenen yağ ısıtıcı ve filtrelerden geçirilerek temizlenir. Ayrıca kızartma sırasındaki yağın viskozitesi ya da akışkanlığı, gerekli optimum ısı transferi ve minimum taşma kaybı açılarından önemlidir. Bu nedenle en uygun viskoziteye, yağdaki serbest asitlik %0,4 olacak şekilde ısıtıldığında ulaşılabilir. Taşmayı engellemek için yağa metil silikon gibi maddelerin katılması tavsiye edilmektedir (Kayahan, 2002).

#### **1.4. Kızartma Sırasında Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişimler**

##### **1.4.1. Kızartılan üründe meydana gelen değişimler**

Kızartma sırasındaki renk dönüşümü üzerinde birinci derecede Maillard tepkimesi etkili olmakla birlikte ortamda oluşan uçucu bileşiklerin gıda tarafından emilmesi koku, tat ve renk oluşumu üzerine etkili olmaktadır. Bununla birlikte kızartılan gıdada renk ve aroma oluşumu üzerine etkili olan başlıca kızartma koşulları şunlardır (Kayahan, 2002);

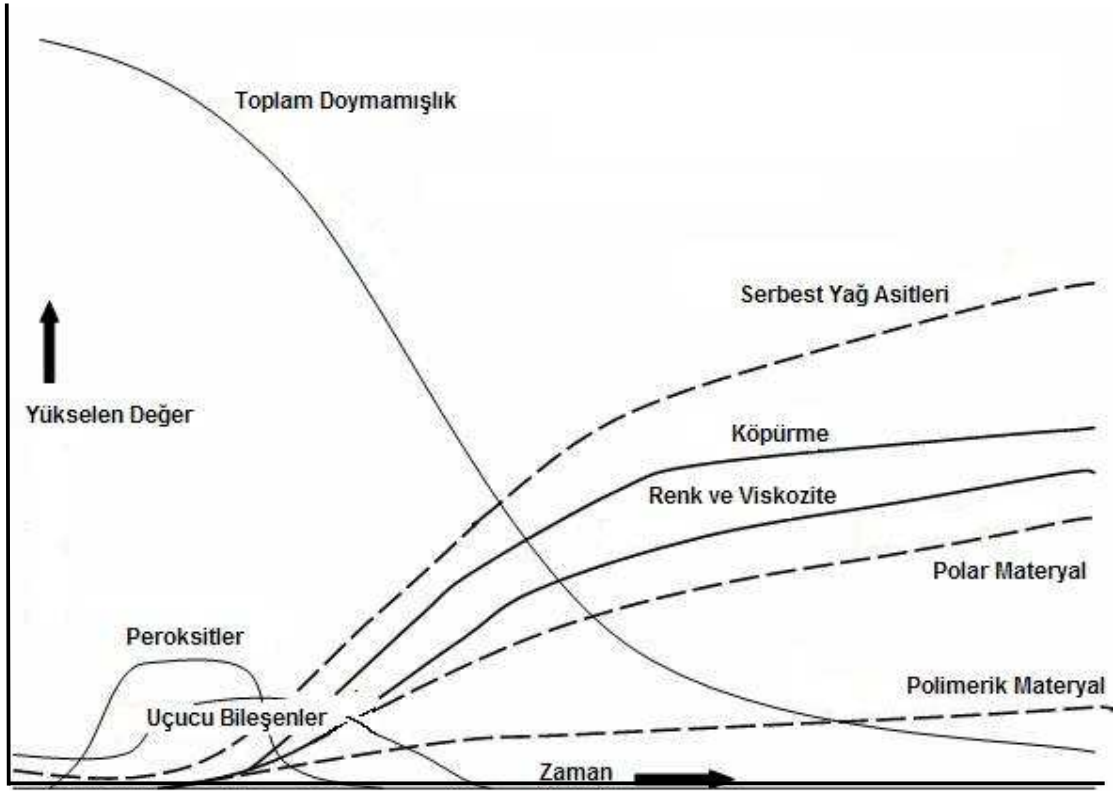
- Kullanılan yağın niteliği,
- Kullanılan yağın üretim tarihi,
- Uygulanan sıcaklık derecesi ve süresi,
- Kullanılan yağın daha önce ısı işlem görmüşlüğü ve düzeyi,
- Gıda maddesinin kalınlığı ve yüzey özellikleri,
- Kızartmadan sonra uygulanan işlemler,

Optimum sıcaklıkta ve sürede kızartılan gıdalarda altın sarısı veya açık parlak renk, gevrek yapı ve çıtırtılı yüzey oluşumuyla hoşça giden lezzet olmalıdır. Öte yandan az kızartılmış ürünler, beyaz veya çok açık sarı renkli ve çiğ tattadır. Fazla kızartılmış ürünler ise aksine koyu renkli, gres yağlımsı gibi dokulu, ağır kokulu ve hoşça gitmeyen lezzettedir (Blumenthal, 1991; Choe ve Min, 2007).

Kızartılmış gıdada oluşan yüzey dokusunun özellikleri, gıda maddesinin içerdiği protein ve polimerik karbonhidratlar ile yağda meydana gelen değişikliklere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Besleyicilik değeri ise, uygulanan kızartma yöntemi ve sıcaklık derecesi ile ilgilidir. Örneğin dondurulmuş gıdalarda derin kızartma uygulanır. Yüksek sıcaklıkta kızartma ile meydana gelen süratli kabuk oluşumu gıda içinde ısı transferini zorlaştırır. Böylece içteki tepkimelerin oluşumu yavaşladığından gıdadaki besin değeri kaybı daha yavaş ve daha az düzeyde olur. Kızartma işlemi gıdada kurumaya neden olarak raf ömrünün uzamasını sağlarken, özellikle yağda eriyen vitaminlerde ortaya çıkan kayıp sonucu gıdanın besleyicilik değerinin önemli derecede düşmesine neden olur. Örneğin E vitamini kızartma sırasında gıda yüzeyinde oluşan gevrek kabuk tarafından emilmekte ve daha sonraki depolama süresince okside olarak kayba uğramaktadır. Buna karşın yapılan araştırmalar kızartılan patateslerdeki C vitamini kaybının, harlanan patateslerdekine kıyasla daha düşük derecede olduğunu ortaya koymuştur. Çünkü ortamdaki C vitamini, düşük nem derecelerindeki sıcak ortamlarda dehidro askorbik asit halinde birikirken haşlama koşullarında hidrolize olarak 2, 3-diketoglukonik aside dönüşüp vitamin niteliğini kaybeder. Kızartılan gıdadaki protein kalitesi değişimi Maillard tepkimesine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak gıdadaki karbonhidratlar ile mineral maddelerde herhangi bir değişim saptanamamıştır. Bunun yanında sıcaklığa veya oksijene duyarlı olan ve suda eriyen vitaminler de kızartma koşullarında büyük ölçüde yitirilmektedir (Kayahan, 2002).

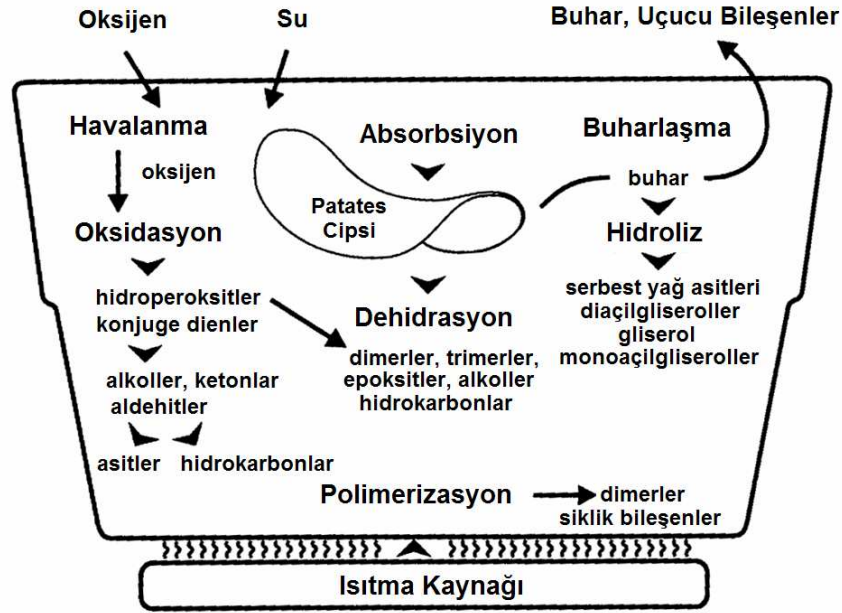
#### **1.4.2. Kızartma yağında meydana gelen değişimler**

İşlem sırasında meydana gelen birçok reaksiyon ile çok sayıda uçucu ve uçucu olmayan lezzet maddesi meydana gelmektedir. Tekrarlı kızartmalarda zaman içinde yağda bu reaksiyonlar artarak ve çeşitlenerek devam eder ve yağ bazı fazları aştıktan sonra kullanılamaz duruma gelir. Genel olarak kızartma işleminde yağda doymamışlık azalır, renkte değişimler oluşur, köpüklenme gelişir, yağın viskozitesi ve yoğunluğu değişir, özgül ısı ve diğer termal özellikleri değişir, serbest yağ asitleri ve polar madde miktarları da artar. Derin-yağda kızartma sürecinde yağda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler Şekil 3'te gösterilmiştir (Blumenthal, 1991; Choe ve Min, 2007).



Şekil 3. Derin-yağda kızartma işleminde yağda görülen fiziksel ve kimyasal değişimler (Choe ve Min, 2007).

Kızartma işlemi sürecinde yağda bazı kimyasal reaksiyonlar oluşur. Bunların doğal bir sonucu olarak da yağda hidroliz, oksidasyon, polimerizasyon, uçucu ve toksik madde oluşumu gibi olaylar meydana gelir (Şekil 4). Isı, su, hava ve bulaşan bazı maddelerin varlığı (mesela metal kalıntıları) ile beraber kızartma periyodu bu yıkım reaksiyonlarını üretir. Sonuç olarak yağın kütleli özellikleri de değişir. Yapılan çalışmalarda kızartma yağlarının belli bir sırada yıkıma uğradığı gösterilmiştir. Genel olarak bir başlangıç aşamasından sonra, bir optimum kızartma periyodu oluşur ve bundan sonra da yıkım veya bozulma süreci devam eder. Buna bağlı olarak bir “kızartma yağı kalite çan eğrisi”nden bahsedilmiştir. Bu eğrinin dağılımı kızartılmış ürün için de geçerlidir. Taze yağda kızartılan ürünün rengi ve aroması tam gelişmezken, birkaç kullanımdan sonra en iyi kalitede ürünler alınır. Sürekli kullanımla yağdaki yıkım reaksiyonları belli bir seviyeyi aştıktan sonra da daha düşük kaliteli ürünler elde edilmeye başlanır. Yağın daha ileri aşamalarda kullanımı bazı sağlık riskleri taşıyabilmektedir (Blumenthal, 1988).



Şekil 4. Kızartma işlemi sırasında oluşan değişiklikler (Fritsch, 1981).

Kızartma sırasında yağ uzun süre yüksek sıcaklıklarda bekletildiğinde gliseroller yanarak bir aldehit türevidir olan akrolein maddesine dönüşürler. Bu madde ciddi kanserojenik etkiye sahip toksik bir bileşendir. Kızartma sırasında mavi bir duman oluşturarak kendini belli etmektedir. Örneğin 80 °C’de 20 saat boyunca ısıtılmış bir kızartma yağındaki akrolein konsantrasyonu ortalama 28,5 µg/g olmaktadır. Bir başka çalışmada 180 °C’de 15 saat kızartılmış kanola yağındaki akrolein miktarı aynı sıcaklık ve sürede kızartılmış zeytinyağındaki miktardan 5,5 kat fazla bulunmuştur (Fritsch, 1981).

#### 1.4.2.1. Yağın hidrolizi

Gıda kızgın yağın içerisinde kızartıldığında gıdanın nemi kabarcık oluşumu ile buhar haline gelir ve bu durum gıda kızardıkça kademeli olarak azalır. Su, buhar ve oksijen kızartma yağında ve gıdada bazı kimyasal reaksiyonlar oluşturur. Zayıf bir nükleofil olan su triacylgliserollerin ester bağına müdahale ederek di- ve mono- açilgliserollerin, gliserollerin ve serbest yağ asitlerinin oluşmasını sağlar. Kızartma yağındaki serbest yağ asidi içeriği, kızartma sayısı ile beraber artmaktadır. Termal hidroliz, su-yağ arayüzü yerine genelde yağ fazı dâhilinde gerçekleşir. Hidroliz reaksiyonunun kısa ve doymamış yağ asitli yağlarda gerçekleşmesi daha uygundur çünkü bu tür yağ asitleri uzun ve doymuş olanlara göre suda daha iyi çözünmektedir. Gıdadan gelen su, kısa zincirli yağlara daha

kolay ulaşarak hidrolizi başlatmaktadır (Lascaray, 1949; Nawar, 1969; Chung ve ark., 2004; Choe ve Min, 2007).

Su miktarı ne kadar fazla olursa yağın hidrolizi de o denli hızlı olmaktadır. Su, yağ buhardan daha hızlı hidroliz etmektedir. Yağ ile su fazının geniş bir şekilde teması yağdaki hidrolizi arttırmaktadır. 155-195 °C'deki yağda patates cipsi kızartılması sırasında mono- ve di- açilgliserollerin miktarı aniden artmış ve bir süre sonra artması durmuştur. Kızartma yağının taze yağ ile sık sık değiştirilmesi yağ hidrolizini yavaşlatacaktır. Kızartıcıyı temizlemek için kullanılan sodyum hidroksit ve diğer alkaliler de yağ hidrolizini arttırmaktadır. Kızartma süresi ise yağın hidrolizini etkilememektedir. Serbest yağ asitleri ve diğer okside olmuş bileşenler istenmeyen bir lezzet oluşturarak yağın kızartma işlemi için daha az kabul edilebilir olmasına neden olurlar. Di- ve mono- açilgliseroller, gliseroller ve serbest yağ asitleri daha ileri hidroliz reaksiyonunu hızlandırır. Gliserol 150 °C'de buharlaşır ve yağda kalan gliserol hidroliz ile serbest yağ asitlerinin üretimini ilerletir. Kızartma yağında önerilen maksimum serbest yağ asidi içeriği %0,05 ile %0,08 arasında olmaktadır (Stevenson ve ark., 1984; Pokorny, 1989; Frega ve ark., 1999; Romero ve ark., 1998; Dana ve ark., 2003; Houhoula ve ark., 2003; Naz ve ark., 2005; Choe ve Min, 2007).

#### **1.4.2.2. Yağın oksidasyonu**

Kızartma yağındaki oksijen yağ ile reaksiyon vermektedir (Peers ve Swoboda 1982; Cuesta ve ark., 1993; Sanchez-Muniz ve ark., 1993a; Houhoula ve ark., 2003). Termal oksidasyonun kimyasal mekanizması oto-oksidasyon mekanizması ile prensipte aynıdır. Termal oksidasyon oranı oto-oksidasyondan daha fazladır, ancak bu ikisinin oranları arasında kesin bir karşılaştırma yapacak spesifik ve detaylı bilgi bulunmamaktadır. Termal oksidasyonun mekanizması, reaksiyonun başlangıç, ilerleme ve sonuç aşamalarını kapsamaktadır (Choe ve Min, 2007).

Radikal olmayan singlet (tekil) haldeki yağ, dönme bariyerinden dolayı triplet (üçlü) hal diradikal oksijenle reaksiyon vermez. Havadaki sıradan oksijen diradikal bir bileşendir. Yağın oksidasyonu için radikal oksijen ile radikal yağ gereklidir. Yağın radikal olması için ilk önce yağ karbonundaki en zayıf bağlı hidrojen ayrılmalıdır. Linoleik asidin 11. karbonundaki karbon-hidrojen bağının kırılması için 50 kkal/mol enerji gerekmektedir. 9. ve 12. karbonlardaki çift bağlar 11. karbondaki karbon-hidrojen bağını, buradan elektron çekerek düşürürler. 8. veya 11. karbondaki karbon-hidrojen bağı (oleik asidin çift bağındaki  $\alpha$  olan) yaklaşık 75 kkal/mol'dür. Yakınında herhangi bir çift bağ olmayan

doymuş karbondaki karbon-hidrojen bağı yaklaşık 100 kkal/mol'dür. Yağ asitlerinin hidrojen-karbon bağlarının değişik kuvvetlerde olması, termal oksidasyon veya oto-oksidasyon sırasındaki stearik, oleik, linoleik ve linolenik asitlerinin oksidasyon oranları arasındaki farkları açıklamaktadır. Linoleik asitteki en zayıf karbon-hidrojen bağı 11. karbondadır ve 11. karbondaki hidrojen, burada bir radikalın oluşmasıyla uzaklaştırılır. 9. veya 13. karbonda konjuge pentadienil radikal oluşturmak için 11. karbondaki radikal yeniden düzenlenir. Isı, ışık, metal ve reaktif oksijen türleri yağdaki radikal oluşumu hızlandırmaktadır.  $Fe^{+3}$  ve  $Cu^{+2}$  gibi çok değerlikli metaller, çok düşük sıcaklıklarda bile yağdan hidrojen protonlarını ayırarak alkil radikalleri oluştururlar. Doymuş yağ asitlerindeki radikal oluşumunun yeri, doymamış oleik ve linoleik asitlerinkinden farklılık gösterir. Doymuş yağ asitlerindeki alkil radikali, elektron çeken bir yapıya sahip karboksil grubunun  $\alpha$  pozisyonunda oluşur. Hidrojen ayrılmasıyla bir yağ molekülünden alkil radikalının oluşumu oksidasyon reaksiyonunun başlangıç aşamasıdır. Alkil radikali ayrıca alkil, alkoksi ve peroksi radikalleriyle reaksiyona girerek dimer ve polimerleri oluşturur (Min ve Boff, 2002; Choe ve Min, 2007).

Alkil radikalleri 600 mV'luk bir indirgenme potansiyeliyle diradikal triplet oksijenle hızla reaksiyona girer ve  $10^9/M/s$  oranda peroksi radikalleri oluştururlar. Peroksi radikali 1000 mV'luk bir indirgenme potansiyeliyle oleik ve linoleik asitten hidrojeni ayırır ve yaklaşık  $1 \times 10^0/M/s - 1 \times 10^1/M/s$  oranda hidroperoksit oluşturur. Peroksi radikali bir diğer yağ molekülünden bir hidrojen atomu çıkartarak yeni hidroperoksit ve bir diğer alkil radikali oluşturur. Bu zincirleme reaksiyon, gıdalarda serbest radikal zincir reaksiyonu olarak adlandırılır ve reaksiyonun ilerleme aşamasıdır. Peroksi radikalleri ayrıca diğer radikallerle  $1,1 \times 10^6/M/s$  oranında reaksiyona girerek dimer ve polimerleri oluştururlar. Serbest alkil ve peroksi radikallerinin zincir reaksiyonları yağın termal oksidasyonunu hızlandırır. R-O-O-H'nin oksijen-oksijen bağı kuvveti yaklaşık 44 kkal/mol'dür. Hidroperoksitler derin yağda kızartma sırasında genelde stabil değildirler. Hidroperoksitler peroksit bağının homoliziyle alkoksi ve hidroksi radikallere parçalanırlar. Hidroperoksit, oksijen ve hidroksi radikalleri üretmek için parçalanırlar. Mono-oksijene ürünlerin ve hidroksil türevlerinin, 150 °C'de termal oksidasyona uğramış metil linoleat hidroperoksitlerinden geldiği tespit edilmiştir. Alkoksi radikali diğer alkoksi radikallerle reaksiyona girerek ya da parçalanarak radikal olmayan ürünleri oluştururlar. Oksidasyon sonucu radikal olmayan uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin oluşumu, reaksiyonun sonuç aşamasıdır (Hiatt ve ark., 1968; Nawar, 1984; Toschi ve ark., 1997; Choe ve Min, 2005; Choe ve Min, 2007).

Birçok uçucu bileşen kızartma sırasında buhar ile beraber yağdan ayrılmaktadır. Kızartma sistemine su eklenmesi yağdaki uçucu bileşenleri azaltır. Yağda bulunan uçucu bileşenlerin miktarı yağa, gıdaya ve kızartma koşullarına göre değişiklik gösterir. Kızartma yağındaki uçucu bileşenlerin kaybı, buharlaşma ve parçalanmanın yanı sıra bu uçucuların diğer gıda bileşenleriyle de reaksiyonunun bir sonucudur. Kızartma yağındaki uçucu bileşenler ayrıca oksidasyon, dimerizasyon ve polimerizasyon gibi reaksiyonlara da maruz kalmaktadır. Uçucu bileşenler kızartma yağının ve kızartılan gıdanın aroma kalitesine önemli derecede katkı sağlarlar. Oksidatif bozunma reaksiyonlarının derecesi oksijenin ve serbest radikallerin konsantrasyonunun artışına göre yükselmektedir. Kızartmanın başlangıcında mono- ve di- açilgliserollerin miktarı çok azdır. Kızartma sistemindeki yüksek arayüz gerilimi buhar baloncuklarını kırar ve yağ üzerinde bir buhar bariyeri oluşturur. Buhar bariyeri yağ ve oksijenin temasını düşürür ve oksidasyonu azaltır. Rafine yağlar genelde 1 ppm'den az alkali materyal (yağ asitlerinin sodyum ve potasyum tuzları gibi) içerir. Taze kızartma yağlarının 10 ppm'den daha az alkali materyal içermesi gerekmektedir (May ve ark., 1983; Nawar, 1985a; Blumenthal, 1991; Wu ve Chen, 1992; Paul ve Mittal, 1997; Moreira ve ark., 1999; Choe ve Min, 2007).

#### **1.4.2.3. Yağın polimerizasyonu**

Uçucu bileşenler kızartma yağı ve kızartılan gıdaların aroma kalitesi için oldukça önemlidirler fakat kızartma yağının toplam parçalanma ürünlerindeki uçucu içerikler milyon seviyede bir konsantrasyonda bulunurlar. Kızartma yağının ana parçalanma ürünleri uçucu olmayan polar bileşenler ile triaçilgliserol dimer ve polimerleridir. Siklik bileşenler bu esas bileşenlere göre daha az miktarda bulunmaktadırlar (Nawar, 1985a; Frankel ve ark., 1984; Sanchez-Muniz ve ark., 1993b; Takeoka ve ark., 1997; Dobarganes ve ark., 2000; Choe ve Min, 2007).

Derin yağda kızartmada oluşan polimerler oksijen bakımından zengindirler. Oksidize polimer bileşenleri yağın oksidasyonunu hızlandırır. Polimerler yağın bozulmasını hızlandırır, yağın viskozitesini artırır, ısı transferini düşürür, kızartma sırasında köpük oluşturur ve gıdada istenmeyen rengi geliştirirler. Polimerler ayrıca gıdaların daha fazla yağ absorbe etmesine neden olurlar. Polimerler yüksek oranda konjuge dienlerdir ve kızartıcının kenarlarında kahverengi, reçinemsî bir kalıntı üretirler. Burada yağ ve metal havadaki oksijenle temas ederler. Reçinemsî kalıntı yağın nemi dışarı atmadığı durumlarda üretilmektedir (Yoon ve ark., 1988; Lawson, 1995; Tseng ve ark., 1996; Moreira ve ark., 1999; Choe ve Min, 2007).

### **1.5. Derin Yağda Kızartma Sırasında Yağın Kalitesini Etkileyen Faktörler**

Yağın tazelenme oranı, kızartma süresi ve sıcaklığı, ısıtma şekli, kızartma yağı bileşimi, ilk yağın kalitesi, kızartılacak gıdanın bileşimi, kızartıcı tipi, antioksidanlar ve oksijen içeriği derin yağda kızartma sırasında yağın bozunmasını etkilerler. Bu faktörlerin etkileri farklı analitik metotların kullanımı sebebiyle bazen farklı şekillerde ifade edilmişlerdir (Choe ve Min, 2007).

#### **1.5.1. Taze yağla yenileme**

Toplam yağdaki yüksek oranda taze yağ kızartma yağının kalitesini daha iyi sağlamaktadır. Düzenli olarak taze yağla yenileme işlemi polar bileşenlerin, diaçilgliserollerin ve serbest yağ asitlerinin oluşumunu azaltırken yağların kızartma ömrünü ve kalitesini artırmaktadır. Tavsiye edilen günlük tazeleme miktarı kızartıcı kapasitesinin %15 ile %25'i arasındadır (Paul ve Mittal, 1997; Romero ve ark., 1998; Choe ve Min, 2007).

#### **1.5.2. Kızartma süresi ve sıcaklığı**

Kızartma süresi serbest yağ asidi, polar bileşeni (triacilgliserol dimerleri, oksidize triacilgliseroller vb.), dimer ve polimer miktarını arttırmaktadır. İlk 20 kızartma ile polar bileşenlerin oluşumu hızlanır. Otuzuncu kızartmadan sonra polar bileşenlerin miktarında gözle görülür bir artma gerçekleşmemektedir (Mazza ve Qi, 1992; Romero ve ark., 1998; Xu ve ark., 1999; Gordon ve Kourimski, 1995; Tompkins ve Perkins, 2000; Cuesta ve ark., 1993; Choe ve Min, 2007).

Yüksek kızartma sıcaklığı yağların termal oksidasyonunu ve polimerizasyonunu hızlandırmaktadır. Yağların kesikli olarak ısıtılması ve soğutulması bunların sürekli olarak ısıtılmasından daha fazla bozulmasına neden olur. Bunun nedeni yağın kızartma sıcaklığından daha soğuk hale getirilmesiyle oksijenin yağ içindeki çözünürlüğünün artmasıdır. Kesikli olarak kızartmada ayçiçeği yağındaki linoleik asidin %25'i parçalanırken sürekli kızartmada bu oran %5 olmaktadır (Peers ve Swoboda, 1982; Fedeli, 1988; Blumenthal, 1991; Clark ve Serbia, 1991; Tyagi ve Vasishtha, 1996; Choe ve Min, 2007).

#### **1.5.3. Kızartma yağının kalitesi**

Kızartma için kullanılacak yağların, serbest yağ asitleri ve iz metalleri miktarı düşük, sürekli kullanım sırasında bozunmaya dayanıklı olmaları bakımından da oksidatif



stabiliteyi yüksek olmalıdır. Serbest yağ asitleri yağların termal oksidasyonlarını artırır ve bunların zincir uzunluklarına rağmen doymamışlıkları termooksidatif bozunmalar üzerinde önemli etkilerde bulunur. Buna göre yağın oksidasyon oranı yağdaki doymamış yağ asitlerinin miktarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Linolenik asit içeriği kızartma performansı, yağın stabilitesi ve yağın kalitesi için kritik olmaktadır. Düşük linolenik asitli yağlar (en fazla %0,2) kızartma sırasında daha az serbest yağ asidi ve polar bileşen üretmektedirler (Stevenson ve ark., 1984; Choe ve Min, 2007).

Hidrojenasyon ve genetik modifikasyon kızartma yağındaki doymamış yağ asitlerini düşüren iki ayrı işlemdir. Hidrojenasyon yağın kızartma stabilitesini arttırmaktadır. Ne var ki hidrojenasyon ile trans yağ asidi veya metalik aroma ortaya çıkar ve bu işlemin düşük linolenik asitli yağların kalitesini geliştirmede bir katkısı bulunmamaktadır. Genetik olarak modifiye yağların kızartma stabilitesi yüksektir. Bu sebeple genetik olarak modifiye edilmiş düşük linolenik asitli yağlar hidrojene kızartma yağlarına göre potansiyel bir alternatif olarak önerilmektedirler. Birkaç yağın harmanlanması da yağlardaki yağ asidi bileşimini değiştirmekte ve kızartma sırasında yağların oksidasyonunu azaltmaktadır (Morrison ve ark., 1973; Warner ve Mounts, 1993; Mounts ve ark., 1994; Warner ve Knowlton, 1997; Shiota ve ark., 1999; Mamat ve ark., 2005; Choe ve Min, 2007).

Esterifiye açilgliserol kızartma sırasında yağın oksidasyonunda herhangi bir prooksidant aktivite göstermez. Yağı adsorbanlarla filtreleme işlemi serbest yağ asitlerini düşürüp yağın kızartma kalitesini geliştirmektedir. Kullanılmış kızartma yağı, %2 pekmez toprağı, %3 bentonit ve %3 magnezyum silikat karışımıyla filtrelendir ve bu prosesle serbest yağ asitleri ile konjuge dienoik asitlerin miktarı düşerken aldehit bileşenlerin miktarı artmaktadır. Yağların günlük olarak kalsiyum silikat bazlı Hubesorb 600, magnezyum silikat bazlı Magnesol ve riolit ile sitrik asit bazlı kızartma tozu karışımıyla muamelesi serbest yağ asitleri ve polar bileşenlerin oluşumunu azaltmaktadır. Nebati yağların ağartma toprağı, kömür, selit veya MgO ile muamelesi patates kızartmalarının kalitesini geliştirmektedir. Askorbil palmitatın günlük olarak taze yağa ilave edilmesi serbest yağ asidi oluşumunu bir yandan azaltırken diğer bir yandan da yağın dielektrik sabitini arttırarak renginde değişimler meydana getirmektedir (Bheemreddy ve ark., 2002; Maskan ve Bağcı, 2003; Mancini-Filho ve ark., 1986; Choe ve Min, 2007). Çizelge 2’de kızartma yağlarının sahip olması gereken genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2. Kızartma yağlarına ait genel özellikler (Stevenson ve ark., 1984)

Parametre	Kullanılmamış Yağdaki Seviyesi
Serbest yağ asitleri	%0,05-0,08
Peroksit değeri	1,0 meqg O <sub>2</sub> /kg yağ
Dumanlanma noktası	200 °C
Nem	%0,10
Tat ve koku	Hafif, yumuşak

#### **1.5.4. Gıdanın bileşimi**

Gıdalardaki nem, kızartıcı üzerinde bir buhar örtüsü oluşturur ve havayla temasını azaltır. Gıdalarda yüksek oranda bulunan nem, kızartma sırasında yağın hidrolizini hızlandırır. Kızartılan gıdalardan gelen lesitin, kızartmanın başlangıcında köpük oluşumuna sebep olur. Nişasta yağın bozunmasını artırırken aminoasitler de yağın kızartma sırasında bozunmasını önlerler. Demir gibi geçiş metalleri kızartma sırasında yağda birikerek yağın oksidasyon ve termal bozunma oranını artırır (Landers ve Rathmann, 1981; Peers ve Swoboda, 1982; Stevenson ve ark., 1984; Fedeli, 1988; Dana ve ark., 2003; Kochhar ve Gertz, 2004; Artz ve ark., 2005a; Artz ve ark., 2005b; Choe ve Min, 2007).

#### **1.5.5. Kızartıcı tipi**

Kızartıcının tipi kızartma yağının bozunmasına etki etmektedir. Yağa eşit ve hızlı ısı transferi sıcak noktaların oluşmasını ve yağın yanmasını engelleyebilmektedir. Kızartıcıda biriken polimerize yağ, kızartma yağında zamk oluşumuna, köpük oluşumuna, rengin kararmasına ve başka bozulmalara neden olmaktadır. Yağın havayla daha az temas etmesi için küçük bir yüzey/hacim oranına sahip bir kızartıcıyla derin yağda kızartma yapılması önerilmektedir. Bakır veya demirden yapılmış bir kızartıcı, yağın oksidasyonunu hızlandırmaktadır (Choe ve Min, 2007).

#### **1.5.6. Antioksidanlar**

Yağda ve gıdada doğal olarak bulunan veya sonradan eklenen antioksidanlar kızartma sırasında yağın kalitesine etki etmektedirler. Tokoferoller, bütillenmiş hidroksianizol (BHA) ve bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) oda sıcaklığında yağın

oksidasyonunu yavaşlatırlar. Ne var ki bunlar kızartma sıcaklığında buharlaşma ve parçalanma ile gerçekleşen kayıplardan dolayı daha az etkili olmaktadır. Karotenler diğer antioksidanların olmadığı ortamlarda yağı termal oksidasyondan koruyamazlar. Ancak tokotrienollerle birleşerek yağın oksidasyonunu önemli derecede azaltırlar (Boskou, 1988; Choe ve Lee, 1998; Schroeder ve ark., 2006; Choe ve Min, 2007).

#### **1.5.7. Yağdaki çözülmüş oksijen içeriği**

Azot ve karbondioksitle yıkama, yağdaki çözülmüş oksijeni düşürmekte ve kızartma sırasındaki yağın oksidasyonunu azaltmaktadır. Bunun için 15 dakika azotla veya 5 dakika karbondioksitle yıkama önerilmektedir (Choe ve Min, 2007).

#### **1.6. Kızartma Yağlarının ve Kızartılmış Gıdaların Aroma Kalitesi**

Kızartma işleminde yağda gelişen lezzetin tanımlanması için meyvemsi, çimensi, yağlı, tereyağı, yanmış ve balığımsı gibi terimler kullanılmıştır. Bitkisel yağların “Lezzet Panel Değerlendirilmesi” için de fındık, tereyağı, mısırimsı, fasulye, hidrojene, yanmış, odun, yağlı, plastiğimsi, kavun, boya, balığımsı gibi tanımlayıcı terimler önerilmiştir. Oluşan aroma yağın türüne ve tekrarlı kullanımına bağlıdır fakat kızartma sıcaklığı yağın aroması için önemli değildir. Linolenik asidin kızartma sürecindeki oksidasyonu ile fındığımsı ve meyvemsi aroma azalırken, balığımsı aromada artış olmaktadır. En uygun oksijen konsantrasyonunda istenen aroma gerçekleşmektedir. Düşük miktarda oksijen fakir ve zayıf bir aroma oluştururken yüksek oranda oksijen ise istenmeyen aromayı oluşturmaktadır (Prevot ve ark., 1988; Pokorny, 1989; Choe ve Min, 2007).

Arzu edilen kızartma aromasından sorumlu olan linoleik asittir. Farklı yağlar, kızartma yağındaki yağ asitlerinin kalitesi ve miktarına göre kızartma sırasında farklı aromalar meydana getirirler. Bu yüzden kızartılmış ürün kalitesine etki eden faktörlerden ilk geleni kullanılan yağın kalitesidir. Genel olarak, yağdaki linolenik asit oranı %8,5'i aştığında hoş gitmeyen balığımsı aroma oluşumu hızla artmaktadır (Frankel ve ark., 1985; Prevot ve ark., 1988; Choe ve Min, 2007).

#### **1.7. Kızartma Yağlarını Değerlendirmede Kullanılan Analitik Metotlar**

Kızartma yağı analizinde bozulmanın karmaşık olması onun düzgün bir şekilde ölçülmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle termo-oksidatif değişimin ölçümü, on yıllardır neredeyse sadece ortak ve faydalı bir yöntemi oluşturan fiziksel ve kimyasal indisler yoluyla yürütülmektedir. Gutiérrez ve ark. (1988), fiziksel ve kimyasal değişimlere

dayanan klasik yöntem analizlerini belirtmişlerdir. Viskozite, renk ölçümü, UV absorpsiyon, serbest asitlik, peroksit değeri, iyot sayısı, kırılma indisi, yoğunluk, toplam polar madde (TPM) ölçümü, dumanlanma noktası ölçümü ve duyusal değerlendirmeler en yaygın kullanılan analizlerdir. Çizelge 3'te bu ölçümlerle ilgili bileşenler görülmektedir. Kızartma sırasında oluşan bileşenlerin miktarını belirleyen daha yeni metotlar; değişimlerin küresel bir şekilde ölçümüne (polar bileşenler, ayrılmamış materyaller ve polar olmayan metil esterler) ve belirli bileşen miktarlarının tayinine (siklik monomerler, dimerler ve polimerler) göre iki gruba ayrılmaktadır. Analizinin kolaylığı ile maliyeti veya kontrolü zor aparatlara gerek duymamasının yanı sıra kesin ve tekrarlanabilir sonuçlara sahip olması kontrol metotlarının arzu edilen karakteristikleri olmaktadır.

Çizelge 3. Kimyasal ve fiziksel değişimlere dayanan analitik indisler (Gutiérrez ve ark., 1988)

<b>Analitik İndisler</b>	<b>Artık Bileşenler</b>
Viskozite	Polimerler
Renk	Doymamış karbonil bileşenleri
Sabunlaşma	Polimerler
UV absorpsiyon	Konjuge dienler ve trienler
Dielektrik Sabiti	Polar bileşenler
Duyusal Değerlendirme	Uçucu bileşenler
Asit değeri	Serbest yağ asitleri
İyot değeri	Çift bağlar
Peroksit değeri	Peroksitler
Kolorimetrik reaksiyonlar	Okside yağ asitleri

Her ne kadar bütün durumlarda güvenilir sonuçlar veren tek bir prosedür olmasa da, kızartma yağındaki toplam polar materyallerin tespiti birçok durumda bozulma derecesinin en güvenilir ölçümü olmaktadır. Fritsch (1981) yağın dielektrik sabitinde olan değişimin, güvenilir olarak bilinen metotların en basiti olduğunu ifade etmiştir (kızartma sırasında kızartma yağının yeni yağla seyreltilmesi yapılmadığı zaman). Titrasyonla yapılan yağ asidi tespitleri ve peroksit değerleri, kullanım sıklığının indikatörleri olarak sıklıkla

kullanılmalarına rağmen kızartma yağı bozulmasını ölçmede tavsiye edilen prosedürler değildir (Handel ve Guerrieri, 1990).

Wu ve Nawar (1986) kızartma yağının kalitesine bakmak için dokuz analitik metodu değerlendirmiştir. Bunlar; viskozite, metilasyon ve ardından gelen çözünmeyen kısmın ayrılması ile polimerler, Foodoil Sensor (FOS) ile dielektrik sabiti, kolon kromatografisi ile polar bileşenler, GLC ile dimerler, yağ asitleri, dumanlanma noktası, karboniller ve siklik monomerlerdir. Her metotta kızartma yağı taze yağ kullanılarak yenilenmiştir. Polimerin FOS'a oranının kullanılmış yağın kalitesini görüntülemek için yeterli olduğu ve tazeleme işleminin bunu sadece minimum olarak etkilediği bulunmuştur. FOS yağdaki dielektrik sabiti değişimlerini ölçmek için kullanılan bir cihazdır. Dielektrik sabiti değerleri, kızartma sırasında biriken polar ve polar olmayan bileşenler arasındaki net dengeyi göstermektedir (Nawar, 1985b).

Isısal polimerize yağın toksisitesi üzerinde yürütülen çalışmalar için siklik monomerlerin, dimerlerin ve polimerlerin ölçümleri kullanılmaktadır (Clark ve Serbia, 1991).

Yağın kalitesini ölçmek için kullanılan çoğu analitik metottan ve özellikle polar bileşenleri tayin etmekte kullanılan kolon kromatografisinin uzun ve zor olmasından dolayı hızlı testlere gerek duyulmaktadır. Resmi metotlara karşılık gelen hızlı testler operatörlere, yağın kötü veya iyi koşulda olup olmadığını kolaylıkla gösterebilmektedir. Croon ve ark. (1986) polar bileşenleri tayin etmede FOS'un standart metoda göre en yüksek korelasyona sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzden standart metot yerine dielektrik sabitindeki değişikliği ölçmeye dayalı Testo 265 cihazı önerilmektedir (Nhil, 2008).

Testo firması tarafından üretilen Testo 265 model "kızartma yağı test cihazı" rahat okunabilir ekranı sayesinde yüzde olarak TPM miktarını verir (%0,5 ile 40 TPM arasında). Testo 265 cihazının en önemli avantajlarından biri de testi yapmak için yağın herhangi bir şartlandırmaya tabi tutulmadan mevcut ortam ve sıcaklıkta (40 ile 210°C arasında) test edilebilir olmasıdır. Soğuması beklenmeksizin ölçüm yapılacak yağın içerisine cihaz batırılarak 10 saniye gibi kısa bir sürede %TPM ve sıcaklık ölçülebilir. Testo 265, endüstriyel mutfaklarda, kantinlerde, gıda endüstrisinde, fast-food restoranlarında, catering şirketlerinde, gıda analiz laboratuvarlarında, HACCP uygulamalarında kritik nokta olarak belirlenebilen yağlı kızartma işleminin takibi ile görevli personelin yağ değişimi kontrolünün yapılabilmesi için sağlıklı bir ölçüm cihazıdır. Böylece yağın optimum şekilde kullanımı sağlanır ve sağlık üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiler önlenir (Anonim4, 2006).

### **1.8. Kızartılan Gıdaların Yağ Absorbsiyonu**

Pylar (1972)'a göre yağ absorbsiyonunun lezzeti zenginleştirmede, ağızdaki his ile yeme kalitesini geliştirmede ve ürünün dayanıklılığını arttırmada önemli bir rolü vardır. Gıda yenirken yağ nemli olarak algılanır, dolayısıyla nem kaybını maskeleyebilir. Yetersiz miktarda yağ absorbe etmiş olan lokmalar hamurumsu bir yeme karakterine sahip olurken aşırı miktarda yağ absorbe ettiklerinde de ağızda bir yağ filmi bırakırlar (Gil, 1993).

Guillaumin (1988) birçok patatesi kızartarak yağın gıdaya geçmesi üzerinde çalışmıştır. Bozulmuş kızartma yağıyla pişirme işleminin daha uzun sürdüğünü ve daha fazla yağın gıdanın içine nüfuz ettiğini fark etmiştir. İlk 20 kızartmada patateslerin yağ absorbsiyonu (%8,5) hemen hemen sabit olmuştur. Ne var ki kızartma işlemi sayısı 40'a çıkartıldığında bu oran %15'e kadar yükselmiştir. Hussain ve Morton (1974), kızartılan gıdalar tarafından absorbe edilen yağlardaki değişimleri kızartma ortamında meydana gelenlerle karşılaştırmıştır. Gıdalar tarafından absorbe edilen yağın yaklaşık yarısı okside materyal olurken ısıtılan yağ ortamında bu oran %10 olarak bulunmuştur (Gil, 1993).

Kızartılmış gıdaların yağ absorbsiyonu üzerinde birçok parametre sorumlu olmaktadır. Guillaumin (1988)'e göre yağın absorbsiyonu, gıdanın özgül ağırlığının veya su içeriğinin artışına göre azalmaktadır. Ne var ki yüzeyin nem içeriği farklı bir sonuca neden olmaktadır. Lamberg ve ark. (1990) patates kızartmalarının farklı kurutma koşullarına göre yağı absorbe etmelerini araştırmışlardır. Kurutulmamış patates dilimlerinde, %2'lik bağıl neme kurutulmuşlardan daha yüksek bir yağ absorbsiyonu gözlenmiştir yani yüzey nemindeki artış yağ absorbsiyonunun yükselmesiyle sonuçlanmıştır. Robertson (1967)'in yaptığı çalışmada gıdaların absorbe ettiği yağ miktarının yüzey-hacim oranına göre değiştiği gözlenmiştir. Bu nedenle yüksek yüzey-hacim oranına sahip olan patates kızartmaları %30-40 oranında yağ absorbe ederken daha küçük yüzey-hacim oranına sahip patates kızartmaları %7-10 oranında yağ absorbe etmektedir. Lantz ve Carlin (1938) ile Arenson ve Heyl (1943), yağın çeşidinin ve bunların kaynağının yağ absorbsiyonundaki birincil faktörler olmadığını belirtmiştir. Morton ve Chidley (1988) bozunma ürünlerinin oluşumunun, yağın viskozitesindeki artışa neden olacağını ve bunun da daha fazla yağ absorbsiyonuna yol açacağını belirtmiştir. Viskozitenin, kızartma ortamından ayrıldığı anda kızartılan ürünü kaplayan yağın miktarını belirlemesinden dolayı kızartılan ürünün yağ absorbsiyonunda önemli bir rolü olduğuna dikkat çekmişlerdir. Ne var ki kızartma yağının viskozitesinin artmasının yağ absorbsiyonunun büyük bir nedensel faktörü olduğunu kanıtlayan deneysel bir sonuç yoktur. Varela (1977), florometrik bir metot kullanarak kızartılan gıdada yağın nereden

absorbe edildiğini belirlemiştir. Zeytinyağının ince ve çıtır bir form oluşturduğunu ve diğer kızartma ortamlarının daha kalın ve daha az çıtır yaptığını bulmuştur. Ayrıca kızartma ortamının sıcaklığının (150-180 °C) yağ absorpsiyonunda önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Ancak 220 °C'ye kadar çıkıldığında daha az yağın absorbe edildiği tespit edilmiştir. Burada zaman faktörü yağ absorpsiyonunda önemlidir. Guillaumin (1988)'e göre gıdalar kızartma ortamında ne kadar uzun süre dururlarsa absorbe ettikleri yağ miktarı da o derece artmaktadır. Alim ve Morton (1974) ürünün kızartma aracından ayrılıp soğumaya başlamasında yağ absorpsiyonunun meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Kızartma sırasında oluşan buharın gıdayı terk ederken oluşturduğu dışa dönük kuvvet, absorpsiyonu dış ve iç kuvvet eşitleninceye kadar limitler, yani gıda soğutulduğunda ve çıkmaya çalışan buhar artık inhibe edici faktör olmadığında gıdayı kaplayan yağ sonradan absorbe edilebilmektedir (Gil, 1993).

Lokmalar için yağın absorpsiyonu Dubois (1979)'in belirlediği ek faktörlere sahiptir:

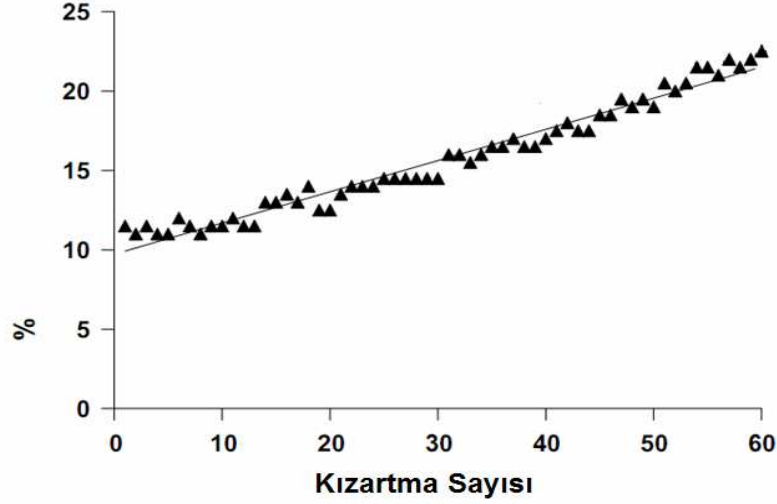
a) hamurun sıcaklığı; ılık bir hamur, gözenekliliğinin artmasından dolayı daha fazla yağ absorbe eder, b) karıştırma derecesi; karıştırma ile yağ absorpsiyonu artar, c) taban süresi; eskimiş hamur daha fazla yağ absorbe eder, d) kesicinin işlemi; kaba bir kesim, pürüzsüz sürekli bir yüzeye sahip bir parçadan daha fazla yağ absorbe eder, e) karışımdaki yağ miktarı; karışımda ne kadar yağ varsa o kadar yağ absorbe edilir, f) karışımdaki emülgatör miktarı; emülgatör miktarının artması yağ absorpsiyonunu artırır (Gil, 1993).

### **1.9. Kızartma Yağlarının Ömrü**

Belli porsiyonlardaki gıda ürünlerinin, belli sıcaklık ve sürede derin-yağda kızartılmasıyla yağlar bozunmaktadır. Kızartma yağları içerdikleri bozunma ürünleri bakımından kullanılamaz hale geldiğinde de atılması gerekmektedir. Her bir yağın özellikleri farklı olduğundan kızartma performansları da farklılık gösterecektir. Farklı yağların kızartma ömürlerini belirlemek amacıyla yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

Bir çalışmada, farklı yağlar kullanılarak belli porsiyonda patatesler kızartılmıştır. Yer fıstığı yağı ve yüksek oleikli ayçiçeği yağı kullanılarak yapılan bu çalışmaya göre, her 100 g patates dilimi 170 °C'de 3 dakika kızartılmış ve bu işlem her gün 5 saat kızartma olacak şekilde devam ettirilmiştir. Yer fıstığı yağı 20 saat, ayçiçeği yağı ise 35 saat kızartmadan sonra atılacak seviyeye (TPM içeriği %21,1-23,4) yaklaşmışlardır. Ayrıca bu sürenin sonunda yer fıstığı yağında kızartılan patateslerin formu sadece yağlı olarak ifade edilirken, ayçiçeği yağında kızartılan patatesler ise hem yağlı hem de koyu renkli olarak ifade edilmiştir (Rossell, 2001).

Natürel sızma zeytinyağıyla ilgili yapılan bir çalışmada ise, dondurulmuş patates dilimleri 170 °C’de gıda-yağ oranı 4 L’de 200 g olacak şekilde 3 dakika boyunca kızartılmışlardır. Bu şekilde 60 defa kızartılan yağ kullanılamaz duruma gelmiştir çünkü toplam polar madde içeriği kritik seviye olan %25 seviyesine dayanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Kızartma sayısı ile beraber artan toplam polar madde yüzdesi (Rossell, 2001).

## 1.10. Kızartma Yağlarıyla İlgili Yasal Düzenlemeler

### 1.10.1. Avrupa’da taze kızartma yağlarıyla ilgili düzenlemeler

Yağlı tohum kolzasının yüksek erusik asit (orijinal olarak %40’tan fazla) içeriğinden dolayı Avrupa yasası endüstriyel kullanımla alâkalı eski çeşitler ile yenilebilir çeşitler arasında bir ayırım yapmıştır. Avrupa komisyonu yönetmeliği ham yağlarda erusik asit içeriğini %5 ile sınırlandırmıştır. Bütün Avrupa Birliği ülkeleri de bu yönetmelikte birleşmişlerdir. Pratikte, rafine olmayanlarda %1’den fazla erusik asit görmek mümkündür (Rossell, 2001).

Fransa bir şekilde linolenik asit içeriği bakımından kendini ayrı tutmuştur. Günümüzde bu limitin ticarete bir engel olduğu tartışılabilir çünkü bu limit için güvenli bir doğrulama yoktur ve çoğu Avrupa ülkesi de kolza tohumu yağını, ister doğal ister hidrojene formunda olsun kızartmalık olarak kullanmaktan memnundurlar. Aynı şekilde Amerika’nın çoğu, Fransa’nın %2 linolenik eşik değerini aşan soya yağında kızartma yapmaktadır. Danimarka trans yağ asitlerini bir kanun tasarısında sınırlandırmaktadır. Yazılmaya başlanırken %15 olan limit en sonunda %10’a düşürülmüştür (Rossell, 2001).



Avusturya'daki düzenleme, taze kızartma yağlarının kalitesini serbest yağ asitleri ve dumanlanma noktası yönünden ele almıştır. Austrian Food Code, kızartmaya uygun olmayan yağları, belirli bir orta veya kısa zincirli yağ asidi içeriğine sahip yağlar (ne var ki palm yağının bu öneride yer alıp almadığı açık değildir), çoklu doymamış yağ asitleri (özellikle linoleik asit, yani ayçiçeği yağı) ve hayvansal yağlar olarak tanımlamıştır. Buna karşın İngiltere'de, balık ve patates kızartırken yüksek miktarlarda palm ve domuz yağı kullanılmakta, okul yemekhanelerinde de kızartma için ayçiçeği yağı kullanılması tavsiye edilmektedir. Avusturya'da zeytinyağının kızartma yağı olarak tanımlanması yasadışı olurken, derin yağda kızartma olarak kullanılması yasadışı sayılmamaktadır. İspanya'nın 1983 yılına ait "yenilebilir bitkisel yağlar üzerinde teknik ve hijyenik düzenleme"si çok değişik bir yaklaşımı benimsemektedir. Bu düzenleme bütün bir yağ serisinin kompozisyonunu, bunların Lovibond renk skorlarını, iyot sayılarını, sabunlaşma değerlerini ve 2. pozisyondaki doyunluklarını ortaya koymaktadır. Sadece bu yağların kızartma için kullanılmasına izin verilmektedir. Taze kızartma yağlarına ait düzenlemeler Çizelge 4'te gösterilmiştir (Rossell, 2001).

Çizelge 4. Taze kızartma yağlarına ait düzenlemeler (Rossell, 2001)

	AB	Avusturya	Belçika	Danimarka	Finlandiya	Fransa	Almanya	Yunanistan	İrlanda	İtalya	Lüksemburg	Hollanda	Portekiz	İspanya	İsviçre	İngiltere
Erusik asit (% en fazla)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Serbest yağ asitleri (%)		0,4														
Dumanlanma noktası (°C)		205														
Laurik yağlar		yok														
Linolenik asit (% en fazla)						2										
Spesifiye yağlar																
Kullanılmış yağlar																
Trans yağ asitleri (% en fazla)															15	

### 1.10.2. Avrupa’da kullanılmış kızartma yağlarıyla ilgili düzenlemeler

Her bir ülkenin, kabul edilebilir kızartma yağı kalitesinin limiti üzerinde yönetmeliği bulunmaktadır (Çizelge 5). Birçok ülke maksimum bir kızartma sıcaklığı belirlediği halde Fransa, 200 °C sıcaklıkta özellikle stabil yağlara ilişkin bir ayrıcalıkta bulunmuştur. Ne var ki İngiliz yağ üreticileri bazı Avrupa ülkelerinde yasadışı sayılacak 190 °C kızartma sıcaklığını çoğu kez tavsiye etmektedirler. Ayrıca Avusturya’nın 180 °C kızartma sıcaklığına izin verip dumanlanma noktası limitini 170 °C ile sınırlandırması alışılmıştan dışında bir görüntü sergilemektedir (Rossell, 2001).

Çizelge 5. Kullanılmış kızartma yağlarına ait düzenlemeler (Rossell, 2001)

	Avusturya	Belçika	Fransa	Almanya	İtalya	Hollanda	Portekiz
En yüksek kızartma sıcaklığı (°C)	180	180	180		180		180
Dumanlanma noktası (en düşük °C)	170			170			
Serbest yağ asitleri (% en fazla)		2,5					
Asit değeri (en fazla)	2,5			2			
Polar bileşenler (% en fazla)	27		25	24	25		25
Oksidize yağ asitleri (% en fazla)	1			0,7			
Dimerler ve polimerler (% en fazla)		25				16	
50 °C’deki viskozite (en yüksek mPa.s)		37					

Tartışma konusu olan ölçümlerden ötürü polar bileşenler hakkındaki fikir birliği zayıf olmaktadır. Ölçümlerin değişkenliğinden dolayı da ayrıca bir karışıklık vardır. Çizelge 6’daki veriler, ayçiçeği yağının 6 dakika boyunca kızartılmasından sonra elde edilen bazı ölçümler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Buna göre digliseritler ve serbest yağ asitleri taze yağdaki değerlerinden pek de bir farklılık göstermemişlerdir (Rossell, 2001).

Çizelge 6. Taze ayçiçeği yağının kızartılmasından sonra elde edilen ölçümler (Rossell, 2001)

	6 dakikadan sonra	Taze yağ
Serbest yağ asitleri	%0,5	%0,6
Diğliseritler	%1,0	%1,2
Trigliseritlerin oksidize monomerleri	%3,9	%0,9
Trigliserit dimerleri	%5,1	%0,6
Trigliserit polimerleri	%1,1	0
Toplam polar bileşenleri	%11,7	%3,2

En büyük karışıklık polar bileşenler ile dimer ve polimerler arasında olmaktadır. Görülebileceği gibi dimerler ve polimerler polar bileşenlerin sadece tek bir sınıfını oluşturmaktadır. Bu karışıklık da AB’de kızartma yağlarının serbest ticaretinde bir engel olmaya başlamaktadır çünkü bir ülkedeki kızartma denemeleri diğer bir ülkede kanıt olarak kabul görmemekte, sadece doğru analitik ölçümün kullanılmadığı yerlerde kabul görmektedir. Almanya ve Avusturya’nın polar bileşenlere ek olarak başka bir kriteri vardır ki o da oksidize yağ asitlerinin petrol eteri içerisinde çözünmez oluşudur (Rossell, 2001).

### **1.10.3. ABD’deki yasal düzenlemeler**

Amerika Gıda ve İlaç Ajansı (FDA), derin yağda kızartma işlemlerinin sağlığa zararlı olduklarını belirlemediğinden dolayı kızartma yağları veya ürünleri kalitesinin kontrolü için belirli bir düzenlemeye gitmemiştir. Öte yandan Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı (USDA/FSIS), kızartılan et ve et ürünleri için genel tüzükleri içermektedir. Buna göre derin yağda kızartma sayısının, sıcaklığa ve periyodik olarak eklenen yağın miktarına göre değiştiği belirtilmiştir. Ayrıca aşırı köpürme, koyu renk ve hoş olmayan koku veya tadın uygunsuzluğa birer kanıt olduğu ve yağın geri çevrilmesini de gerektirdiği ifade edilmiştir. Tüzükte geçen bir diğer ifade ise, kızartma yağının, kabın kenarlarında köpük oluşturduğu veya renginin neredeyse siyah görüldüğü zaman atılması gerektiğidir. Yine buna göre yağın ömrü, kızartma sıcaklığı 204 °C’nin altına düşürülerek, yağ gün içinde tazelenerek ve filtreleme (gerektiğinde) ile temizleme sistemi haftalık olarak yapılarak uzatılabilmektedir (Rossell, 2001).

**1.10.4. Türkiye'deki yasal düzenlemeler**

Türkiye'de Tarım ve Köyişleri bakanlığı tarafından 26627 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 'Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği' (Tebliğ No:2007/41) yürürlüktedir (TGK, 2007). Tebliğ metni olduğu gibi aşağıya alınmıştır.

**Amaç**

MADDE 1 – (1) Bu Tebliğin amacı; gıda maddeleri üretim, satış ve toplu tüketim yerlerindeki kızartma işlemlerinde kullanılmakta olan katı ve sıvı yağların resmi kontrol ve denetimlerindeki fiziksel ve kimyasal kriterlerini belirlemektir.

**Kapsam**

MADDE 2 – (1) Bu Tebliğ, gıda maddeleri üretim, satış ve toplu tüketim yerlerinde kızartma amacıyla kullanılmakta olan katı ve sıvı yağlarını kapsar.

**Hukuki dayanak**

MADDE 3 – (1) Bu Tebliğ, 5.6.2004 tarih ve 25483 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun'un 18'inci ve 23'üncü maddelerine göre hazırlanmıştır.

**Tanımlar**

MADDE 4 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan kızartma yağı: Gıda maddelerinin kızartılması sırasında kullanılan katı ve sıvı yağı ifade eder.

**Fiziksel ve kimyasal özellikler**

MADDE 5 – (1) Kullanılan kızartma yağlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri Ek-1'de verilmiştir.

**Denetim**

MADDE 6 – (1) Bu Tebliğe ait hükümler; 27.5.2004 tarihli ve 5179 sayılı "Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun"a göre Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından denetlenir.

**Numune alma ve analiz metotları**

MADDE 7 – (1) Bu Tebliğ kapsamındaki üründen Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin Numune Alma ve Analiz Metotları bölümünde belirtilen kurallara uygun olarak numune alınmalı ve uluslararası kabul görmüş analiz metotları uygulanmalıdır.

**Yürürlük**

MADDE 8 – (1) Bu Tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 9 – (1) Bu Tebliğ hükümlerini Tarım ve Köyişleri Bakanı yürütür.

EK-1

Kızartma Amacıyla Kullanılmakta Olan Yağların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

<u>Özellik</u>	<u>Limit</u>
Polar Madde	≤ %25
Dumanlanma Noktası	> 170 °C

### 1.11. Kızartma Yağlarının Adsorbanlarla Muamelesi

Wu ve Nawar (1986)'a göre kızartma yağının kalitesini korumak için çoğu kez kullanılan bir metot, periyodik olarak taze yağ eklemektir. Abd-el Aal ve Youssef (1990)'e göre ise kızartma yağlarının ömrünü kontrol etmek ve sürdürmek için kullanılan bir diğer yol, yağın bozulma oranını arttırabilecek gıda partiküllerini günlük veya sürekli olarak yağdan uzaklaştırmak için kullanılan filtrasyon işlemidir. Bu yöntem restoran sahipleri arasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çelik/plastik filtreler veya filtre kâğıtlarının ve diatom topraklı filtre yardımcılarının kullanıldığı bu tür filtrasyonlar pasif filtrasyon olarak adlandırılmaktadır. Yağın ömrünü ve kalitesini geliştiren filtrasyonların mekanizması, ısıtıcı yüzeyi üzerinde tamamen kömürleşen ısı bozunma ürünlerinin birikmesini azaltan 5 mm'den daha büyük çaptaki partiküllerin uzaklaştırılmasıyla alakalıdır. Kalın, dokumasız kumaş boyunca yapılan derin filtrasyon, 1 mm'den küçük çaptaki partikülleri ayırarak yağın tamamen temiz görünmesini sağlayabilir. Derin filtrasyon belki de mikro emülsiyon halindeki suyu absorbe ederek bazı degradasyon reaksiyonlarını yavaşlatabilmektedir (Zhang ve Addis, 1992). Bununla birlikte pasif ve derin filtrasyonlar yağda çözünen degradasyon ürünlerini uzaklaştırmazlar. Bir diğer çeşit filtrasyon olan aktif filtrasyon da hızlı bir şekilde kabul görmektedir. Blumenthal ve Stier (1991)'a göre aktif filtrasyonda adsorban materyaller (dağınık toz veya filtre matrisi içine yerleştirilmiş toz halinde) kullanılarak, yağın ve gıdanın kalitesine zarar veren çözünen partiküllerin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır (Gil, 1993).

Filtre yardımcı maddeleri veya kısaca adsorban maddeler denen bazı yüzey-aktif, porlu, yağda çözünmeyen ve filtrasyon ile yağdan kolayca uzaklaştırılan maddeler, kızartma işlemi bittiğinde sıcak yağa belli oranlarda karıştırılıp, daha sonra yağ süzülmemektedir. Çok farklı maddeler bu işlem için denenmiştir. Sıklıkla kullanılan adsorban materyaller;  $\alpha$ -selüloz, silika jel, alümin, alüminyum ve magnezyum oksit, magnezyum ve kalsiyum silikat, aktif karbon ve su, sitrik asit ve gözenekli riyolit taşıyıcıdan oluşan

karişik bir toz (kızartma tozu)'dur. Boki ve ark. (1989)'na göre sabunlar, serbest yağ asitleri, toplam polar maddeler, konjuge dienler, renkli bileşenler ve diğer yüzey aktif maddeler bu adsorbanlar tarafından seçici olarak uzaklaştırılabilir ve böylece kızartma basketi ile kızartıcı yüzeyinde birikebilen polimerlerin oluşumu engellenir (Gil, 1993). Genellikle çalışmaların çoğunluğunda bu adsorbanlar veya bunların belli oranlardaki karışımları kızartma yağına %1-10 oranında katılıp, 10-30 dakika karıştırıldıktan sonra süzölmektedir.

Mancini-Filho ve ark. (1986)'na göre adsorbanlar, saflaştırma ve bozulma indisinin gelişim derecelerine göre değişmektedirler. Abd-el Aal ve Youssef (1990)'e göre kullanılmış yağ, magnezyum veya alüminyum oksit tozu ve ardından da Tonsil ağartma kiliyle muamele edildiğinde gelişim en çok iyot sayısında, yağ asidi değerinde, benzidin değerinde, peroksit değerinde, TBA (Tiyobarbitürik Asit) değerinde ve renkte (234 nm'de adsorbans) olmaktadır. Sulu silika jel genel olarak bu gelişime en az etkisi olandır. Ayrıca tazelenmiş ve tazelenmemiş yağ karışımlarının gelişim dereceleri arasında önemsiz farklılıklar da bulunmaktadır. Kim ve ark. (1988) kızartma tozu kullanılarak kararma, sabunlaşma eğilimi, polar lipit bileşenleri, konjuge dienler ve trienler ile dielektrik sabitinde, muamele görmemiş yağın 2/3'ü oranında azalma sağlandığını bulmuşlardır. Ne var ki uygulanan bu işlemin, dumanlanma noktasının azalmasıyla viskozitenin artmasını engellemede önemli bir etkisi olmamaktadır (Gil, 1993).

Yates ve Caldwell (1992), farklı adsorbanları değerlendirmiş ve herhangi bir adsorbanın kullanılmış bir yağdaki bozulma ürünlerini adsorbe etme yeteneğine sahip olmadığını bulmuşlardır. Bazı adsorbanların seçici adsorbanlık gösterdiği belirlenmiştir (bazıları tek bir sınıf polar bileşenlerini adsorbe etmiştir). Örneğin, doğal alümin ve silika başlıca yağ asitlerini adsorbe etmekte, aktif kömür ise doymuş ve doymamış karbonillerin seviyesini düşürmekte daha etkili olmaktadır. Belki de bu farklılıklar her bir adsorbanın adsorbe edebilme karakteristikleriyle açıklanabilir. McNeill ve ark. (1986)'na göre karbon, kimyasal özelliklere dayanan oklüzyon ve adsorbsiyon yoluyla safsızlıkları ayırırken silikanın adsorbe edici özellikleri esasen silanol gruplarıyla olan interaksiyonuna dayanmaktadır. Ayrıca Brooks (1991)'a göre doğal adsorbanların diatom toprağıyla kombinasyonunun, daha geniş kapsamdaki problemleri (örneğin istenmeyen lezzet, dumanlanma noktası ve sabunlaşma) azaltmaya eğilim gösterdiği bulunmuştur. Genel olarak kızartma yağlarının kalitesi kullanılan adsorbanların seviyesi artırılarak geliştirilmektedir. Diğer yandan, yağ kayıpları devamlı olarak, kullanılmış yağın tedavisi sırasında adsorban konsantrasyonu arttıkça artmaktadır. Abd-el Aal ve Youssef (1990),

yağın ağırlıkça %0,5 konsantrasyondaki adsorbanla muamelesinin, minimum yağ kaybıyla birçok yağ kalite parametresini iyileştirmede etkili olduğunu bulmuşlardır (Gil, 1993).

Uygun adsorbanlarla filtreleme çeşitli önemlilikte yararlar sağlayan çok etkili bir prosestir. Bunlar; (1) Kızartma işleminin üretkenliği gelişir. Her bir ton yağ kullanımında %25-40 kadar daha fazla gıda üretilir. Bu da gıdanın adsorbe ettiği yağın ve atılan yağ miktarının azalmasıyla olmaktadır. (2) Üretilen gıdanın daha iyi bir raf ömrü vardır çünkü acılaşmayı hızlandıran daha az yüzey aktif madde ortamda bulunmaktadır. (3) Hem gıdanın daha az yağ adsorbe etmesi hem de yağdaki polimerik ve besinsel olmayan materyallerin gıdada daha az birikmesi, daha sağlıklı kızartma ürünlerinin üretilmesini sağlamaktadır. (4) Daha düşük enerji maliyeti ve daha yüksek ürün verimi oluşur çünkü gıdadan daha az su buhar olarak dışarı çıkar. (5) Taşıyıcılarda ve diğer kızartıcı yüzeylerdeki yapışkan yağın polimer birikiminin azalması temizlik işçiliğini de azaltır. Polimer, gıda materyalinin sıcak yüzeylere yapışarak kömürleşip karbon tabakası oluşturmaya neden olmaktadır (Gil, 1993).

Jacobson (1991)'a göre bazı dezavantajları da olmaktadır. Aktif karbon bazı durumlarda kullanışlıdır fakat kötü olanların yanında iyi bileşenleri (örneğin tokoferoller) de rastgele uzaklaştırdığı için kullanımı sınırlı olmaktadır. McNeill ve ark. (1986)'na göre de adsorbanla muamele edilmiş yağın verimi, adsorbanların seviyesinin %50-80'e kadar yükseltilmesiyle azalmaktadır. %50'lik verim pratik kullanımlar için ekonomik olmayabilmektedir (Gil, 1993)

### **1.11.1. Kızartma yağlarında kullanılan adsorbanlar**

Magnezyum silikat, kalsiyum silikat, aktif karbon, silika jel, magnezyum fosfat ve alkali toprak metal hidroksitleri, alkali toprak metal oksitleri, alkali metal karbonatları, alkali metal bikarbonatları, sodyum seskikarbonat, alkali toprak metal karbonatları ve alkali metal silikatları gibi alkali materyaller kullanılmaktadır. En yaygınları şunlardır;

#### **1.11.1.1. Magnezyum silikat (Magnesol®)**

Sentetik magnezyum silikat adsorbanı, yapay, amorf formda, güvenli, gözenekli yapıda ve oldukça geniş yüzey aktivitesine sahip saf ince beyaz toz görünümünde bir bileşendir. Bu maddelerin adsorban, anti-statik akışkan ajan, kabarmayı önleyici ajan, katalizör desteği, taşıyıcı ve sağlamaştırıcı dolgu maddesi olarak kullanımı idealdir. Bu madde yağlardan gliserini, serbest gliserini, metalleri, sabunları, klorofilleri, artık serbest

yağ asitlerini, kokuları, rengi, metanolü ve suyu adsorbe etmek için kullanılmaktadır (Anonim5, 2009).

#### **1.11.1.2. Silika jel (Britesorb™)**

Saf ve beyaz toz formunda olan bu madde yağın bozunma ürünleri olan polar materyalleri, renk maddelerini, serbest yağ asitlerini, sabunları ve polimerleri adsorbe etmekte ya da tekrardan oluşumunu engellemektedir. Sonuçta görünüm ve tat iyileşmekte, toksisite azalmakta, köpüklenme ve dumanlanma düşmektedir. Böylece yağ daha uzun süre kullanılabilir (Anonim6, 2009).

#### **1.11.1.3. Frypowder (Miroil)**

Frypowder bir filtre yardımcısıdır. Kızartma esnasında yağda oluşan zararlı maddelerin kaçaksız olarak filtrelenmesine olanak sağlar. Fritözde oluşan reçineleşmeyi çözer, rahatsız edici kokuların oluşmasını engeller ve yağın ısı iletkenliğini artırır. Sıcak kızartma yağına 2g/L olarak ilave edilir ve minimum 30 dakika (tüm gece bekletilmesi tavsiye edilir) beklenerek yağ filtre edilir. Kızartma esnasında oluşan (1 mikrondan küçük) sabunlaşma ve zararlı maddeleri bağlar, topaklar ve bunların kaçaksız filtre edilmesini sağlar. Ayrıca fritöz temizliğinde de iyi sonuçlar verir. Kimyasal temizliğe gerek yoktur. Kızartma haznesini, rezistansları ve sepeti temiz tutar ve kir oluşmasını engeller. Filtreleme sırasında, zararlı maddelere bağlanarak yağdan ayrılır. 20 yıldan fazla bir süredir, filtre yardımcısı olarak binlerce işletme tarafından memnuniyetle kullanılmaktadır (Anonim7, 2009).

#### **1.11.1.4. OilFresh™ 1000**

OilFresh™ 1000, kızartma yağını uzun süre taze tutmak için kullanılmaktadır. Endüstri tipi için geliştirilen bu düzenekler fritözün içine yerleştirilmektedirler. Diğer filtrasyon sistemlerine nazaran kızartma yağının ilk andaki bozunmasını önler ve ürünleri düşük sıcaklıklarda bile daha hızlı pişirmesini sağlarlar. Buradaki asıl görevleri, kızartma sırasında meydana gelen termal polimerizasyonu katalitik olarak önleyerek yağın bozunmasını geciktirmek ve viskozitenin artmasını yavaşlatmaktır. Nanoteknolojik olarak geliştirilmiş bu sistem sayesinde daha çıtır ve sağlıklı formda ürünler elde edilebilmektedir. Kısaca bu sistem sayesinde; kızartma yağı ömrü %100 arttırılır, pişirme sıcaklığı 5-10°C düşürülür, pişirme süresi de %20 azaltılmaktadır (Anonim8, 2009).



## BÖLÜM 2

## ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kızartma yağlarıyla birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmaların bazılarında adsorban materyaller kullanılarak bunların etkenlikleri araştırılmıştır. Maskan ve Bağcı (2003)'nın yaptığı bir çalışmada, patatesler (her biri 100 g) 170 °C'deki ayçiçeği yağında peş peşe 50 defa kızartılmışlardır. Kızartma sırasında ayçiçeği yağında önemli bazı kimyasal ve fiziksel değişimler olmuştur. Adsorban materyallerinin adsorbsiyon yeteneklerini değerlendirmek için serbest yağ asitlerinin, peroksit değerinin, 233 nm'deki konjuge dienlerin, 270 nm'deki ikincil oksidasyon ürünlerinin ve özgül ısı değerinin belirlenmesini kapsayan bazı resmi metotlardan yararlanılmıştır. Bundan başka fiziksel olarak yağın viskozitesi ve Hunter renk parametresindeki değişimler gözlenmiştir. Bu parametreler, her 10 kızartma sonunda, adsorban tedavisinden önce ve sonra alınan yağ örneklerinde belirlenmişlerdir. %2 pekmez toprağı, %3 bentonit ve %3 magnezyum silikat karışımı adsorban olarak kullanılmıştır. Kızartma sırasında serbest yağ asitleri içeriği %0,17'den %0,29'a yükselmiştir. Adsorbanların kullanımı serbest yağ asidi içeriğini %0,13'e kadar düşürmüştür. Kızartma sırasındaki peroksitler yüksek sıcaklıklardan dolayı parçalandığı için peroksit değeri azalmıştır. Peroksit ve konjuge dien ( $K_{232}$  değeri) değerlerinde, adsorban kullanımından ötürü önemli bir indirgenme elde edilmiştir. Ne var ki adsorban tedavisi ikincil oksidasyon ürünlerinin ( $K_{270}$  değeri) miktarını arttırmıştır. Bütün kızartma işlemi sonunda adsorban tedavisi görmemiş kızartma yağının özgül ısısı adsorban tedavisi görmüş kızartma yağının özgül ısısından daha yüksek bulunmuştur. Adsorban ile tedavi gören ve görmeyen kızartma yağları "newtonian" akış göstermişlerdir. Kızartma sırasında yağın viskozitesinde de önemli bir artış gözlenmiştir. Kızartma işlemi, yağ örneklerinin Hunter L değerlerinde azalmaya ve a, b ve TCD (toplam renk farkı) değerlerinde de artmaya neden olmuştur. Adsorbanlar, Hunter L, a ve b değerlerinde TCD değerinde olduğu gibi önemli bir iyileştirme gösterirken yağın viskozitesinde bir gelişme gösterememişlerdir. Tüm Hunter parametreleri ve TCD'deki değişim, sıfır derece reaksiyon kinetiklerini izlemişlerdir.

Lin ve ark (1999), ilk defa kullanılmış kızartma yağlarının birleşik sentetik adsorban tedavisini denemişlerdir. Yaygın olarak kullanılan dört filtre yardımcısının birleşimi, Britesorb (Br), Hubersorb 600 (HB), Frypowder (Fr) ve Magnesol (Ma) olup, kızartma yağının geri kazanımı için değerlendirilmişlerdir. Bunların adsorbsiyon yeteneklerini

değerlendirmek için serbest yağ asitlerinin, konjuge dien değerinin, toplam polar bileşenlerinin, oksidatif stabilite indeksinin ve 420 nm'deki absorbansın belirlenmesini kapsayan Amerikan Yağ Kimyacıları Derneği'nin (AOCS) resmi metodlarından yararlanılmıştır. Seçilen birleşimler HB+Ma+Fr ve HB+Ma+Br, değişik kızartma yağı örneklerinde tutarlı yükseklikte iyileştirme yetenekleri sergilemişlerdir. Sırasıyla %3, 3 ve 2'lik HB, Ma ve Fr birleşimiyle, %2, 3 ve 2'lik HB, Ma ve Br birleşimi en etkilisi olarak bulunmuştur. En uygun tedavi süresi sırasıyla 6-9 dakika ve 3-6 dakika olmaktadır. Bunların serbest yağ asitlerini düşürme oranları %82,6 - 87,6; absorbansları düşürme oranları %26,8 - 32,6 ve FOS (Food Oil Sensor) okumalarını düşürme oranları ise %5,6 - 8,6 olmaktadır. Antioksidan olarak 50 ppm bütillenmiş hidroksitoluen ve 50 ppm propil galat eklenmesi oksidatif stabilite indeksi değerini %48,9 – 80,8 oranında yükseltmektedir. Buna göre kızartma yağlarının kızartma ömrünü uzatmak ve kullanılmış yağların sağlığa yararlı yönlerini geliştirmek için pratik operasyonlarda bazı adsorban birleşimleri kullanılabilir.

Subramanian ve ark. (2000), kullanılmış yağlarda oluşan bozunma ürünlerini azaltmak için beş farklı tipte polimerik membran kullanmışlardır. Membrandan geçirme sırasında trigliseritler, polar bileşenlerin büyüklüğüne kıyasla membrandan tercihli olarak geçmişlerdir. Silikon tabanlı NTGS-AX (polimit) ve NTGS-2200 (polisülfon) membranları seçici olarak polar bileşenlerin ve oksidasyon ürünlerinin geçmesini sırasıyla %25-48 ve %24-44 oranında engellemişlerdir. Lovibond renk değerlerindeki azalma %83-93, kullanılmış yağın viskozitesindeki düşüş ise %22 olmuştur. Kompozit membranlar, yağda herhangi bir istenmeyen değişime neden olmadan çözünür safsızlıkları azaltmada etkili olmaktadır. Membran prosesinin, kullanılmış kızartma yağlarının ömrünü iyileştirdiği ve aktif filtre sistemleriyle beraber bir dezavantajının olmadığı görülmüştür. Son yıllarda yapılan bir çalışmada yine aynı adsorban maddeler kullanılarak çok aşırı derecede kullanılmış kızartma yağlarının tedavisi yapılmış ve %10 adsorban katım seviyesinde bu yağların yeniden kullanılabilir duruma getirilebildiği gösterilmiştir (Singhal ve ark, 2008).

Bu araştırmada şimdiye kadarki çalışmalarda kullanılmayan zeolit adsorbanı kullanılacaktır. Ayrıca kireç de yine ilk defa denenecektir. Daha önceki bazı çalışmalarda da bulunan diatom toprağı da bu araştırmada bir bileşen olarak yer almıştır. Zeolit ısıtıldığında patlayarak parçalara ayrılması sebebiyle kaynayan taş olarak bilinen çok küçük gözenekli yapısıyla amonyak ve sülfürü tutabilen iyi bir filtrasyon malzemesidir. Volkanik kayalıklarda ve kül tabakalarında bulunur. Bilinen 48 doğal türünden üretilmiş 150 tür zeolit 'su arıtma-petrol kimya endüstri-nükleer endüstri-tarım-insan ve hayvan

sağlığı-ısıtma ve soğutma-temizlik malzemeleri sanayi-inşaat sanayi-değerli taş alanında-akvaryum filtrasyonunda' kullanılmaktadır (Anonim9, 2009). Şehirlerin ve endüstri tesislerinin atık sularında bulunan azot bileşikleri (özellikle amonyum), metal iyonları (Pb, Cd, Fe, Cu, vb.) atıldıkları ortamlarda yeraltı ve yerüstü sularını kirletmekte ve bu ortamların gerek temiz su gerekse kullanma suyu olma özelliklerini yok etmektedir. Ayrıca bu sularda yaşayan balık ve diğer su faunasına toksik etki yapmakta ve bu faunanın beslenmesi için gerekli alglerin üremesini de engellemektedir. Atık sularda bulunan azot ve istenmeyen bazı ağır metal katyonları (örn.  $Pb^{+2}$ ), zeolitler tarafından kolaylıkla tutulmaktadır (Anonim10, 2009). Tespit edilmiş zeolit yataklardan yalnızca Balıkesir-Bigadiç yöresindeki sahada yapılan çalışmalar sonunda, kolaylıkla işletilebilir nitelikte ve yaklaşık 500 milyon tonluk bir potansiyelin olduğu saptanmıştır. Bugüne kadar yapılan son derece kısıtlı gözlemlere göre Türkiye toplam rezervinin 50 milyar ton civarında olabileceği belirtilmektedir (Ayvaz, 2004). Doğal zeolitler, yaygın kullanım alanlarının varlığı ve büyük pazar potansiyeline rağmen birçok pazar alanında daha yeni yeni kabul görmeye başlamıştır. Doğal zeolitlerin, tabiatta büyük rezervler halinde bulunup işletilmesi diğer madenlere göre daha kolay ve ucuz olmasının yanı sıra, sentetik zeolitlerden daha ucuz olmasına rağmen, doğal zeolit madenciliği dünyada son yıllarda gelişmeye başlamış ve doğal zeolitlere olan rağbet biraz artış göstermiştir (Anonim11, 1996).

## BÖLÜM 3

### MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyaller

Bu çalışmada kızartma yağı olarak Ayçiçeği yağı (Sole, Balıkesir) ile Rafine Pirina yağı (Pitanea, Çandarlı, İzmir) kullanılmıştır. Kızartma işlemine kadar her bir yağ örneği ağzı sıkıca kapalı olan şişeler içerisinde 20 °C'yi geçmeyecek şekilde serin ve ışık görmeyen bir ortamda muhafaza edilmiştir. Her bir kızartma sonucunda alınan örnekler yine aynı koşullar altında saklanmıştır. Hamur hazırlamak için Söke Un (Aydın), Dr.Oetker Karbonat ve Dr.Oetker Maya kullanılmıştır. Hamurların hazırlanması için, 4 birim un ile 3 birim su karıştırılıp, az miktarda karbonat, maya ve tuz (her biri hamur ağırlığının %0,5'i oranında) ilave edildikten sonra iyice yoğrulmuştur (Çizelge 7). Mayalanması için 30 dakika boyunca 40 °C sıcaklıkta bekletilen hamur, her biri hamurun ağırlığı 28-35 g olacak şekilde yuvarlak parçalar halinde hazırlanmıştır.

Çizelge 7. Kızartma çalışmasında kullanılan hamurun bileşimi

	Un	Su	Maya	Karbonat	Tuz
Hamurun bileşimi (%)	56,29	42,21	0,5	0,5	0,5

Adsorban materyaller olarak Kireç, Zeolit (10-50 µm) (Türkzeolit Madencilik, Balıkesir) ve Diatom Toprağı (5-20 µm) (CMM Kimyevi Maddeler, Mineraller Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan dietil eter, etanol, petrol eteri, izooktan, n-hekzan, kloroform, asetik asit, sodyum tiyosülfat, potasyum iyodür, sodyum hidroksit, nişasta, fenol fitaleyn ve silika jel 60, Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından satın alınmıştır.

#### 3.2. Yöntemler

##### 3.2.1. Kızartma işlemi

Kızartma işlemi için Fakir-Hausgeräte Nista (Enz, Almanya) marka fritöz (2 L) kullanılmıştır. Kızartma işlemi her bir yağ ve deneme grubu için 5 gün boyunca

sürdürülmüştür. Gün boyunca fritöz 5-5,5 saat boyunca 180 °C’de açık tutulmuştur. Her bir fritöz için gün boyunca yarım saatte bir batch olacak şekilde toplam 10 hamur kızartılmıştır. Hamurların her biri 10 dakika kızartılmıştır. Her bir yağ ‘Kontrol’ ve ‘Adsorbanla Muamele Edilmiş’ olarak iki ayrı şekilde ikişer tekerrürlü olarak kızartılmıştır. Kontrol kızartmada yağlara adsorban uygulanmazken, muamele edilmiş kızartmada her günün sonunda yağa adsorban uygulanmıştır.

Kızartma işleminin başlangıcında fritöz haznesi 2 L yağ ile doldurulmuştur. Ardından fritöz fişe takılarak yağın yarım saat içinde ayarlanmış sıcaklık olan 180 °C’ye ulaşması sağlanmıştır. Yarım saatin sonunda ilk hamur atılarak kızartma işlemine başlanmıştır. Her yarım saatte bir olmak üzere 10 hamur toplam 5-5,5 saat içinde kızartılmıştır. Gün sonunda 200 ml yağ örneği alınarak kapaklı amber renkli cam şişelere konulmuş ve etiketlenmiştir. Örnekler ışık geçirmeyen bir kutuya konularak analizlere kadar buzdolabında saklanmıştır. Kızartma işlemi bu şekilde ardışık 5 gün boyunca devam etmiştir. Adsorbanla muamele edilmiş kızartma için her gün sonunda yağa adsorban karışımı ilave edilmiş (100-150 °C’de) ve 30 dakika boyunca manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Adsorban uygulanmış yağ daha sonra vakum filtrasyon yardımıyla adi filtre kâğıdından geçirilmiş ve toplanan kızartma yağı ertesi gün kızartılmak üzere fritöze geri dökülmeden önce yine aynı şekilde örnekler alınmıştır. Her gün içerisinde kızartılan hamurlar soğuduktan sonra buzdolabı poşetlerine konularak etiketlenmiş ve analizlere kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

### **3.2.1.1. Adsorban karışımının ve kullanım oranının belirlenmesi**

Kireç, Zeolit ve Diatom Toprağı’nın adsorban olarak etkenliğinin belirlenmesi için her biri tek tek ve 1:1:1 oranındaki karışımları olmak üzere 100-150 °C sıcaklıktaki iyice kullanılmış kızartma yağına %10 oranında ilave edilmiş ve 30 dakika karıştırıldıktan sonra vakum filtrasyon yardımıyla kızartma yağından uzaklaştırılmıştır. Adsorbanla müdahale edilmiş yağların kimyasal ve fiziksel özellikleri kontrole karşı (hiçbir müdahale yapılmamış örnek) ölçülmüştür. En ideal olanı olarak 1:1:1 oranındaki karışım seçildikten sonra, kızartma yağına katılacak uygun adsorban karışımı konsantrasyonunun belirlenmesi için yağa ağırlıkça %1, %3, %5, %7, %10 ve %15’lik seviyelerde katılmış ve benzer şekilde örneklerek analizler yapılmıştır. Buradan belirlenen en optimum sonucu sağlayan %10’luk kullanım oranı daha sonraki çalışmalarda kullanılmıştır.

### 3.2.2. Fiziksel özellikler

#### 3.2.2.1. Viskozite değeri

Belirli miktarda yağ (7,5 ml) Brookfield DV-II+Pro (Massachusetts, ABD) viskozimetre cihazı ile 18 numaralı standart mil (spindle) ve 30 rpm (dakikada dönüş) sabit hız kullanılmak suretiyle viskozite değerleri 25 °C'de Centipoise cinsinden (cP) ölçülmüştür (Bozdoğan, 2002).

#### 3.2.2.2. Türbidite (bulanıklık) değeri

Yağ örneklerinin bulanıklığı Micro T100 Laboratuvar Tipi Türbidometre (HF Scientific Inc., ABD) ile ölçülmüştür. Ölçümler cihazın kullanım talimatına göre yapılmıştır. Cihazın kalibrasyonu için 1000, 10 ve 0,2 NTU (Nephelometric Turbidity Units)'luk referans sıvıları kullanılmıştır. Bütün okumalar sabit bir oda sıcaklığında (25 °C) yapılmıştır.

#### 3.2.2.3. Kırılma indisi

Kırılma indisi, ışığın geliş açısının sinüsünün kırılma açısının sinüsüne oranıdır. Bir ortamın kırılma indisi, ışığın boşluktaki hızının bu ortamdaki hızına oranı olup, bu oran, havadan numune ortamına giren ışın demetinin düşey düzlem ile meydana getirdiği açının sinüsünün, yine bu ışın demetinin havada düşey düzlemle yaptığı açının sinüsüne oranıdır. Genel olarak belirli bir maddenin kırılma indisi kırılan ışığın dalga boyuna ve girdiği ortamın sıcaklık derecesine bağlıdır. Kırılma indisi sodyumun D ışığı kullanılarak ölçülebilirse de genellikle beyaz ışıktaki saptanır ve kompensatör yardımıyla sodyumun D ışığına göre düzeltilerek ifade edilir ve  $n_D^{20}$  şeklinde verilmektedir. Burada n; kırılma indisi, D sodyumun ışığını, 20; tayinin 20 °C 'de yapıldığını göstermektedir. Kırılma indisi 20 °C'de sıvı hale geçen katı ve sıvı yağlarda 20 °C'de tayin edilebilir. Kırılma indisi tayini Abbe 5 (Bellingham and Stanley, İngiltere) refraktometresi ile yapılmıştır. Önce 20 °C'de saf suyla refraktometrenin kalibrasyonu yapılmıştır ( $n_D^{20 \text{ °C}} = 1,333$ ). Refraktometrenin iki prizması arasına örnek koyulmuş ve kırılma indisi virgülden sonra dördüncü haneye kadar okunmuştur (Nas ve ark., 2001).

#### 3.2.2.4. Dumanlanma noktası

Yağ örneklerinin dumanlanma noktası AOCS'nin Cc 9a-48 metodu esas alınarak ölçülmüştür (AOCS, 1998a). Buna göre yaklaşık 30 ml yağ örneği çelik bir petri kabına döküldükten sonra 300 °C'ye ısıtılmış yüzey üzerine yerleştirilmiştir. Kabın yüzeyinden

gözlem yaparak bir termometre yardımıyla ilk mavi renkli dumanın belirlediği sıcaklık tespit edilmiştir. Ayrıca açığa çıkan dumanın rahat bir şekilde gözlemlenmesi için kabın arkasına siyah bir levha veya karton yerleştirilmiştir.

### **3.2.2.5. Renk değeri**

Minolta CR-300 Reflektans kolorimetresi (Osaka, Japonya) kullanılmış ve renk ölçümünde CIE'in sistemi kullanılarak L, a\* ve b\* değerleri belirlenmiştir. Bu ölçüm sisteminde L = 0 (siyah), L = 100 (beyaz), a\* değeri (+a\* = kırmızı, -a\* = yeşil) ve b\* değeri (+b\* = sarı, -b\* = mavi) olarak ölçülmektedir. Kolorimetre, her kullanımdan önce beyaz seramik plakaya karşı standardize edilmiştir. Daha sonra boş bir cam petri kutusu seramik plaka üzerine konulmuş ve cihaz buna karşı sıfırlanmıştır. Yağ örnekleri daha sonra bu petri kutusuna boşaltılmış ve petri de beyaz seramik plaka üzerine yerleştirilerek cihazın probu yağ örneğinin içine daldırılmış ve direkt olarak okuma değerleri alınmıştır (Pagliarini ve Rastelli, 1994).

### **3.2.3. Kimyasal özellikler**

#### **3.2.3.1. Serbest yağ asitliği**

Serbest asitlik, yağlarda serbest halde bulunan toplam yağ asitlerinin % miktarlarının bir ifadesidir. Yağlarda serbest yağ asitlerinin yüzdesi oleik asit cinsinden belirtilir. Yağlardaki asitlik durumu, asit yüzdesi olarak belirtildiği gibi 1 g yağın nötrleşmesi için gerekli potasyum hidroksit (KOH)'in mg olarak ağırlığı şeklinde de belirtilir. Buna asit sayısı denilir. Yağların kızartılması sonucu yağda oluşan ve miktarı artan serbest yağ asitleri yağların bozulması hakkında fikir vermesi açısından önemlidir (Nas ve ark, 2001; Salvador ve ark, 1998). Örneklerin serbest asitlik yüzdesi oleik asit cinsinden, %95'lik etanol ve dietil eter ile çözünen örneklerin titre edilmesiyle bulunmuştur. AOCS'nin Ca 5a-40 resmi metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998b). Bu metoda ek olarak yağın daha iyi çözünebilmesi için dietil eter kullanılmıştır. Buna göre; 5 g örnek 0,01 g duyarlılıkta tartılmış ve üzerine 50 ml etil alkol-dietil eter karışımı eklenmiştir. Çözelti üzerine birkaç damla fenol fitaleyin indikatörü eklendikten sonra 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan 0,1 N NaOH kaydedilmiştir.

Hesaplama;

$$\text{Serbest asitlik (\% oleik asit olarak)} = (V/m) \times 2,8$$

V = Harcanan 0,1 N NaOH miktarı

m = Örnek miktarı

### 3.2.3.2. Peroksit sayısı

Peroksit sayısı yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg yağda bulunan peroksit oksijeninin milieşdeğer gram miktarı olarak ifade edilir. Yağların; depolanmaları veya kızartılmaları sırasında oksijenin, metal iyonlarının, sıcaklığın vs. katalitik etkisiyle bozulmaları söz konusudur. Ayrıca oksijen doymamış yağ asitlerinin parçalanarak daha küçük moleküllü yağ asitlerinin meydana gelmesine de neden olur. Ayrıca depolanan yağlarda bu test yapılarak oksidasyon hakkında fikir sahibi olunur. Bu değer sadece yağdaki peroksit bileşiklerinin konsantrasyonunu belirtir. Kendi başına yağın ulaştığı oksidasyonun derecesi hakkında karar vermek için yeterli değildir (Nas ve ark., 2001; Salvador ve ark., 1998). Peroksit değeri, örneklerin asetik asit - kloroform (3:2) çözeltisi ile karıştırılması ve karanlıkta potasyum iyodür ile reaksiyonu sonucu meydana gelen serbest iyodun sodyum tiyosülfat ile titre edilmesiyle bulunmuştur. AOCS'nin Cd 8-53 resmi metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998c). Buna göre; 5 g yağ örneği, alüminyum folyo ile sarılmış erlenlerde 0,02 g hassasiyette tartılıp üzerine 30 ml asetik asit – kloroform (3:2) çözeltisi ve 0,5 ml potasyum iyodür ilave edildikten sonra tam 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Bu sürenin hemen sonunda 30 ml saf su ve ardından 1 ml nişasta çözeltisi eklenerek 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. Yağdaki peroksit sayısı metotta belirtilen işlemlerden sonra meqg O<sub>2</sub>/kg olarak ifade edilmiştir.

Hesaplama;

$$\text{Peroksit sayısı} = (V/m) \times 10 \text{ meqg O}_2/\text{kg}$$

V = Harcanan 0,1 N sodyum tiyosülfat miktarı

m = Örnek miktarı

### 3.2.3.3. Konjuge dienoik asitlerin spektrofotometrik tayini

Konjuge dienoik asitlerin tayini, UV Mini 1240 Spektrofotometrede (Shimadzu Co., Japonya) ölçülmüştür. AOCS'nin Ti 1a-64 resmi metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998d). Buna göre saf izooktan 233 nm dalga boyunda suya karşı sıfırlanmıştır. 40-70 mg örnek bir erlenmayerde tartıldıktan sonra üzerine 75 ml saf izooktan ilave edilmiş ve yağın iyice çözünmesi için çalkalanmıştır. Daha sonra hazırlanan çözeltinin absorbanı 233 nm'de ölçülerek formülde yerine yerleştirilmiştir. 0,100-0,800 arasında okunmayan absorban değerleri için çözelti uygun oranlarda seyreltilmiştir.

Hesaplama;

$$\% \text{ Konjuge Dienoik Asit} = 0,84 \times (A/b \times c^{-1} - 0,03)$$

A = 233 nm'deki absorban değeri



b = küvetin genişliği (cm)

c = Çözeltinin konsantrasyonu (mg/L)

#### **3.2.3.4. Toplam polar madde (food oil sensor)**

'Food oil sensor' (FOS) yağdaki toplam polar madde miktarını oransal olarak ölçmek için yağdaki dielektrik sabiti değişiminden yararlanılan bir tekniktir (Nhil, 2008). Testo 265 (Lenzkirch, Almanya) adlı cihaz bu amaç için kullanılmıştır. Cihaz kullanma talimatlarına göre kendi kutusu içinde gelen yağ ile kalibre edilmiştir. Ölçümler her bir yağ örneği için 40 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda talimatnameye uygun olarak yapılmıştır.

#### **3.2.3.5. Toplam polar madde (kolon kromatografisi)**

Bu yöntemin esası kolon kromatografisiyle yağlardaki polar ve apolar bileşenlerin birbirinden ayrılmasının sağlanmasıdır. Bunun için apolar maddeler uygun bir çözgenle yağlardan ayrıştırılmaktadır. Polar bileşenlerin miktarı, kolona eklenen yağ numunesinin ağırlığı ile ayrıştırılan apolar bileşenlerin ağırlıkları farkı hesaplanarak tespit edilmektedir. Toplam polar maddelerin analizi için AOCS'nin Cd 20-91 resmi metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998e). Buna göre kromatografik bir kolon (21 mm çapında, 450 mm uzunluğunda ve kesme musluğuna sahip) yaklaşık 15 ml petrolyum ve dietil eter (87:13 v/v) karışımıyla doldurulmuştur. Pamuk topağı cam çubuk yardımıyla kolonun dibine yerleştirildikten sonra 12,5 g silika jel (Silica Gel 60: 0,063-0,200 mm partikül büyüklüğünde, Merck Ltd., Darmstadt, Almanya), 40 ml çözgen karışımıyla bulamaç haline getirilmiş ve kolona dökülmüştür. Elüsyon sıvısı, silika jelin 10 cm yukarısında hizaya gelinceye kadar musluktan boşaltılmıştır. Yaklaşık 2 g deniz kumu kolona eklenmiş ve elüsyon sıvısı kum seviyesine gelinceye kadar musluktan boşaltılmıştır. Toplam polar maddelerin tespiti için 1,25 g yağ örneği 20 ml elüsyon sıvısı içerisinde çözündürülmüş ve ardından 50 ml balon joje içerisine aktararak çizgisine kadar elüsyon sıvısı ile tamamlanmıştır. Çözeltiden 20 ml alınıp kolona aktarılmış ve kumun hizasına kadar musluk ile bir balona boşaltılmıştır. Daha sonra 75 ml elüsyon çözeltisi kolondan belli bir akış hızı ile geçirilerek 60-70 dakikada boşalması sağlanmıştır.

Hesaplama;

$$\%TPM = (m - m_1) / m \times 100$$

m = 20 ml çözgen içerisindeki numune miktarı

m<sub>1</sub> = Polar olmayan kısmın ağırlığı

### **3.2.4. Hamurların absorbe ettiği yağ miktarı**

Kızartma sırasında hamurların ne kadar yağı absorbe ettiklerini bulmak için Soxhlet ekstraktöründen yararlanılmıştır. AOAC (1984)'nin 920.39 resmi metodu kullanılmıştır. Buna göre kızartılmış hamur numuneleri 10-15 g kadar tartıldıktan sonra filtre kâğıdı yardımıyla kartuş haline getirilerek ekstraktöre yerleştirilmiştir. Ekstraktöre, darası alınmış şilifli bir cam balon ve yoğunlaştırıcı takıldıktan sonra, cam balonlara çözgen olarak hekzan ilave edilmiş ve çözgenler ısıtıcı tabla yardımıyla ısıtılarak buharlaştırılmaları sağlanmıştır. Sıcak çözgen buharı yoğunlaştırıcıya ilerler, yoğunlaşarak hamur numunesinin üzerine düşer. Ekstraktör haznesinin içine dolan çözgen bypass kolunun seviyesine ulaşır ve sifon oluşarak çözücü tekrar cam balona boşalır. Bu yoğunlaşma, yükselme ve sifon döngüsü, 'reflux' olarak adlandırılır ve sürekli tekrar edilir. Her döngü sırasında, hamurun içerdiği bir miktar yağ çözümlenir. Hekzanın içinde çözünmüş olan yağ cam balonda kalır ve tekrardan döngüye katılmaz. 4 saatlik ekstraksiyon sonunda cam balonun içinde arta kalan çözgen, rotary evaporatörü (Heidolph Laborota 4001, Almanya) ile uzaklaştırılmıştır. Ekstrakte edilen yağı ihtiva eden cam balon etüvde kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. İlk tartım ile son tartım arasındaki fark, tartılan numunenin yağ miktarını vermektedir. Buna göre hamurun % ne kadar yağ absorbe ettiği belirlenmiştir (AOAC, 1984).

Hesaplama;

$$\text{Absorbe edilen yağ miktarı (\%)} = (a-b)/m \times 100$$

a = Son tartım (g)

b = İlk tartım (g)

m = Hamur numunesinin miktarı (g)

### **3.2.5. İstatistiksel Analizler**

Yapılan tüm istatistik analizlerinde güvenlik sınırı en az %95 seviyesinde tutulmuştur. Her iki yağ örneğinin birbirleriyle karşılaştırılmaları ve her bir örnekte kontrol ve adsorban muamelesinin karşılaştırılması varyans analizi ve Duncan testiyle yapılmıştır. Ayrıca yağ örneklerinde ölçülen parametreler arasındaki ilişki korelasyon analiziyle değerlendirilmiştir. İstatistik analizlerin yapılmasında MINITAB (Ver 14.1), SAS (Ver 9.1.3) ve MSTAT-C paket programlarından faydalanılmıştır.

## BÖLÜM 4

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu araştırmanın başlangıcında kızartma yağına tek tek ilave edilerek etkenlikleri belirlenen adsorban materyallerden belli oranda bir karışım hazırlanarak bunun yağlara kütlece hangi oranda uygulanacağı belirlenmiştir. Araştırmada ayçiçeği yağı ve rafine pirina yağı örnek yağlar olarak seçilmiştir. Bu yağlar bir önceki bölümde tanımlanmış olan “kontrol” kızartma ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartma işlemine tabi tutulmuşlardır. İki uygulama altında her bir yağ için ikişer tekerrür olarak gerçekleştirilen kızartma işlemi sonunda elde edilen örneklere ait fiziksel ve kimyasal ölçümler 2 paralel olarak yapılmıştır.

## 4.1. Her Bir Adsorban Materyalinin Etkenliğinin Belirlenmesi

Adsorban olarak belirlenmiş diatom toprağı, zeolit ve kirecin etkenliğinin araştırılması amacıyla her bir adsorban materyal atık kızartma yağına (ileri derecede kullanılmış ayçiçeği yağı) ayrı ayrı olarak %10 oranında (kütlece) uygulanmış ve elde edilen örneklere ait fiziksel ve kimyasal ölçümler 2 paralel olarak yapılmıştır. Adsorban uygulanmamış kontrol örneğine ve adsorban uygulanmış örneklere ait fiziksel, kimyasal ve renk özelliklerine ilişkin tanıttıcı veriler ( $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ ) (ortalama  $\pm$  standart hata) Çizelge 8, 9 ve 10’da gösterilmiştir.

Çizelge 8. Adsorban materyallerinin kullanılmış kızartma yağının fiziksel özellikleri üzerine olan etkenliklerinin karşılaştırılması

	Viskozite (cP, 25°C) (p=0,0019)	% Değişim	Bulanıklık (NTU) (p<0,0001)	% Değişim	Kırılma İndisi (25°C)	% Değişim
Kontrol	85,40±0,20 A	–	1,095±0,015 B	–	1,477±0,0 A	–
Diatom Toprağı	83,70±0,10 B	%2	0,96±0,0 D	%12,3	1,477±0,0 A	%0
Zeolit	84,10±0,10 B	%1,5	1,025±0,0 C	%6,4	1,477±0,0 A	%0
Kireç	83,75±0,05 B	%1,9	1,935±0,005 A	%76,7	1,477±0,0 A	%0

Çizelge 8'den de görüleceği gibi, kontrolle karşılaştırıldığında kızartma yağına tek başına diatom toprağı, zeolit veya kireç katmak viskozite ve kırılma indisi değerlerinde istatistik olarak önemli bir farklılık yaratmamıştır. Bulanıklık ölçümünde ise kirecin bulanıklık değerini önemli oranda artırdığı, diatom toprağının ise azalttığı görülmüştür. Kireçte bulunan  $Ca^{+2}$  iyonlarının ortamdaki serbest yağ asitleriyle çözünmeyen kompleksler oluşturması mümkündür. Ortamda diğer adsorban maddeler de olmadığı için bunların bir kısmının filtreden geçmesi de olasıdır.

Çizelge 9. Adsorban materyallerinin kullanılmış kızartma yağının aletsel renk özellikleri üzerine olan etkenliklerinin karşılaştırılması

	Renk					
	L	% Değişim	a*	% Değişim	b*	% Değişim
	(p=0,005)		(p<0,0001)		(p=0,0011)	
Kontrol	52,02±0,23 B	–	-0,40±0,06 A	–	25,46±1,80 A	–
Diatom Toprağı	56,65±0,59 A	% 8,9	-1,12±0,02 B	% 180	10,44±0,11 C	% 59
Zeolit	51,89±0,34 B	% 0,2	-2,36±0,07 D	% 490	13,67±0,05 BC	% 46,3
Kireç	45,72±1,69 B	% 12,1	-1,80±0,02 C	% 350	14,51±0,06 B	% 43

Diatom toprağı kızartma yağında rengin açılmasına (en düşük bulanıklık ve en yüksek L değeri) neden olmuştur. Kontrol ile karşılaştırıldığında a\* değerinde zeolit muamelesiyle en fazla renk kırmızıdan yeşile kaymışken, b\* değerinin gösterdiği gibi sarılık değeri ise hepsinde azalmıştır.

Çizelge 10. Adsorban materyallerinin kullanılmış kızartma yağının kimyasal özellikleri üzerine olan etkenliklerinin karşılaştırılması

	Serbest Asitlik (% Oleik asit)	% Değişim	Peroksit	% Değişim	Konjuge	% Değişim	Toplam Polar	% Değişim
			Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)		Dienoik Asit (%)		Madde-Prob (%)	
	(p<0,0001)		(p=0,13)		(p=0,011)		(p=0,0004)	
Kontrol	0,278±0,001 B	–	25,61±0,37 A	–	3,024±0,100 A	–	28,75±0,25 A	–
Diatom Toprağı	0,307±0,0005 A	% 10,4	24,98±0,92 A	% 2,5	2,629±0,0 B	% 13	26,50±0,0 C	% 7,8
Zeolit	0,252±0,0005 C	% 9,4	22,03±0,84 A	% 14	2,623±0,005 B	% 13,3	26,0±0,0 D	% 9,6
Kireç	0,112±0,0 D	% 59,7	22,47±1,42 A	% 12,2	2,645±0,0 B	% 12,5	27,0±0,0 B	% 6,1

Aynı örneklerde yapılan kimyasal analizlerden peroksit sayısı istatistik olarak farksız bulunurken diğer değerler arasında anlamlı farklılıklar görülmüştür (Çizelge 10). Katılan kireç ve zeolit asitliği önemli oranda (%59,71 ve %9,35) düşürmüştür. Öte yandan diatom toprağı bir miktar artışa (%10,43) neden olmuştur. Konjuge dienoik asitler üzerine ise çok az miktarda azaltıcı bir etki her üç adsorban materyal tarafından da sağlanmıştır. Öte taraftan zeolit, toplam polar maddeleri istatistik olarak önemli oranda (%9,6) düşürmüştür.

Araştırma sonucunda diatom toprağının bulanıklığı %12,3, viskoziteyi %2, peroksit sayısını %2,5, konjuge dienoik asitleri %13 ve toplam polar madde miktarını da %8 düşürdüğü, L değerinde ise %9 artış sağladığı; zeolit bulanıklığı %6,4, viskoziteyi %1,5, serbest yağ asitlerini %9,4, peroksit sayısını %14, konjuge dienoik asitleri %13,3 ve toplam polar madde miktarını da %9,6 düşürdüğü; kirecin viskoziteyi %1,9, serbest yağ asitlerini %59,7, peroksit sayısını %12,2, konjuge dienoik asitleri %12,5 ve toplam polar madde miktarını da %6,1 düşürdüğü görülmüştür. Bu adsorban maddelerin ayrı ayrı kullanımlarındansa, her birinin pozitif özelliklerinden faydalanmak üzere kombinasyon halinde kullanmanın daha avantajlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Buna göre her bir adsorban materyali kullanılarak ağırlıkça 1:1:1'lik oranında bir karışım hazırlanmıştır.

#### **4.2. Adsorban Karışımının Kullanım Oranının Belirlenmesi**

Bu araştırmadaki kızartma yağlarına katılacak % adsorban karışımı miktarını belirlemek amacıyla atık kızartma (ileri derecede kullanılmış ayçiçeği yağı) yağına (tabloda kontrol) kütlece 5 farklı oranda adsorban karışımı uygulanmış (%1, %3, %5, %7, ve %10) ve elde edilen örneklere ait fiziksel ve kimyasal ölçümler 2 paralel olarak yapılmıştır. Çalışmanın başlangıcında %15'lik seviyenin kızartma yağının miktarını oldukça azalttığı (çok fazla miktarda yağ kaybına neden olduğu) görüldüğü için bu oran hariç tutulmuştur. Adsorban karışımı uygulanmamış kontrol örneğine ve adsorban karışımı uygulanmış örneklere ait fiziksel, renk ve kimyasal özelliklerine ilişkin tanıtıcı veriler ( $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ ) Çizelge 11, 12 ve 13'te gösterilmiştir.

Çizelge 11'den görüldüğü gibi %10 oranında katılan adsorban yağın viskozitesini önemli oranda düzeltmiş ve bulanıklığı azaltmıştır. Kırılma indisi değerlerinde ise istatistik olarak önemli bir değişim oluşmamıştır. Ölçülen aletsel renk değerlerinde çok önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Benzer şekilde ölçülen tüm kimyasal özelliklerde de adsorban katım oranı yükseldikçe beklenen pozitif etki miktarı da artmıştır. Bu sonuçlardan dolayı, bir sonraki aşamada yapılacak olan asıl kızartma denemelerinde diatom toprağı:zeolit:kireç

(1:1:1)'ten oluşan adsorban madde karışımının yağa ağırlıkça %10 oranında katılmasına karar verilmiştir. Bu katım oranı daha fazla arttırıldığında adsorban madde ile yağ kaybı arttığı için ve maksimum etkinin bu oranda görülmesi olanağı bulunduğu için %10'luk katım oranı seçilmiştir.

Çizelge 11. Farklı oranlarda adsorban karışımıyla muamele edilen örneklere ait fiziksel özellikler

	Viskozite (cP, 25°C) (p<0,0001)	Bulanıklık (NTU) (p=0,0002)	Kırılma İndisi (25°C)
Kontrol	91,95±0,15 A	0,845±0,01 A	1,477±0,000 A
%1	91,95±0,05 A	0,805±0,005 A	1,477±0,000 A
%3	91,75±0,15 A	0,705±0,01 B	1,477±0,000 A
%5	90,85±0,05 B	0,650±0,02 C	1,477±0,000 A
%7	90,40±0,10 C	0,645±0,005 C	1,477±0,000 A
%10	84,55±0,05 D	0,685±0,01 BC	1,477±0,000 A

Çizelge 12. Farklı oranlarda adsorban karışımıyla muamele edilen örneklere ait aletsel renk özellikleri

	Renk		
	L (p=0,43)	a* (p=0,18)	b* (p=0,32)
Kontrol	51,79±0,00 A	-0,34±0,00 AB	27,26±0,00 A
%1	50,68±4,83 A	0,84±1,79 A	17,67±1,23 A
%3	48,68±1,23 A	-0,82±0,70 AB	25,71±2,05 A
%5	45,72±1,69 A	-1,09±0,51 AB	21,59±3,58 A
%7	46,97±0,24 A	-2,85±0,43 B	21,83±4,96 A
%10	47,80±0,21 A	-1,92±0,66 AB	19,58±3,27 A

Çizelge 13. Farklı oranlarda adsorban karışımıyla muamele edilen örneklere ait kimyasal özellikler

	Serbest Asitlik (% Oleik asit) (p<0,0001)	Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg) (p<0,0001)	Konjuge Dienoik Asit (%) (p=0,001)	Toplam Polar Madde-Prob (%) (p<0,0001)
Kontrol	0,361±0,004 A	25,88±0,64 B	1,396±0,02 A	30,5±0,0 A
%1	0,264±0,012 B	30,97±0,57 A	1,221±0,01 B	29,5±0,0 B
%3	0,245±0,003 B	24,70±0,00 B	1,371±0,04 A	29±0,0 C
%5	0,197±0,008 C	20,505±0,28 C	1,244±0,01 B	29±0,0 C
%7	0,167±0,000 D	25,70±0,10 B	1,162±0,04 BC	28±0,0 D
%10	0,151±0,011 D	15,615±0,49 D	1,072±0,006 C	25±0,0 E

Literatürde benzer araştırmalarda, kızartma yağlarına %1'den %15'e kadar değişen oranlarda adsorban katılarak yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Reynolds ve ark, 2002; 2007; Singhal ve ark, 2008).

#### 4.3. Ayçiçeği Yağında “Kontrol” ve “Adsorbanla Muamele Edilmiş” Kızartma İşlemlerine Ait Veriler

Materyal ve yöntem bölümünde tanımlanan kızartma protokolüne göre “Kontrol” ve “Adsorbanla Muamele Edilmiş” kızartma işlemleri Ayçiçeği yağı için iki tekerrürlü olarak uygulanmış ve her bir tekerrürde ölçümler iki paralel olarak yapılmıştır. Örneklere ait tüm fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tanıtıcı veriler Çizelge 14-17’de gösterilmiştir.

Çizelge 14’te ayçiçeği yağıyla yapılmış kontrol ve adsorbanla muamele edilmiş 5 günlük kızartma çalışmasına ait fiziksel analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. İki deneme faktörü (kontrol ve adsorbanla muamele edilmiş) her günde Duncan testiyle karşılaştırılmış ve farklılıklar büyük harflerle gösterilmiştir. Buna göre, ayçiçeği yağında viskozite değeri adsorbanla muamele edilmiş örnekte kontrol ile karşılaştırıldığında istatistik olarak herhangi önemli bir farklılık oluşturmamıştır. Her bir deneysel faktörün her bir yağ örneğindeki günler bazında karşılaştırılması daha sonra ayrı tablolarda gösterilecektir. Diğer farklılıklar Çizelge 14’te gösterilmiştir. Ancak bulanıklık, kırılma indisi ve dumanlanma noktası ölçümlerinde adsorban muamelesi kontrolden çok da farklı sonuçlar vermemiştir.

Adsorban muamelesi ayçiçeği yağında beşinci günde L değerinin kontrolden daha düşük olmasına neden olmuştur (Çizelge 15). Diğer renk ölçüm değerlerinde de kontrol ve adsorban muamelesi arasında çok önemli farklılıklar oluşmamıştır. Diğer aletsel renk değerlerinden a\* değerinde herhangi bir farklılık bulunmazken, b\* değerinde 3. günde adsorban muamelesinde önemli bir düşüş (sarılık değerinde azalma) oluşmuştur. Genel olarak ayçiçeği yağında adsorban muamelesinin aletsel renk değerleri üzerine çok fazla bir etki yapmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ayçiçeği yağının kontrol ve adsorbanla muamele edilmiş örneklerinde ölçülen kimyasal parametrelere ait sonuçlar Çizelge 16'da gösterilmiştir. Serbest asitlik, konjuge dienoik asit ve Testo 265 probu ve kolon kromatografisi yöntemleriyle ölçülen toplam polar madde değerlerinde çok önemli farklılıklar bulunmamıştır. Aslında adsorban muamelesinin serbest asitliği bir miktar azalttığı, ancak bunun istatistik olarak önemsiz olduğu bellidir. Öte yandan peroksit sayısında ise adsorban muamelesi bir miktar artışa neden olmuştur. Mevcut literatüre göre belirlenen hipotezimize göre bu değerde de azalma olması bekleniyordu. Ancak adsorbanla muamele edilmiş yağın süzülmesi sırasında havayla daha uzun süre temas etmesi sonradan bazı oksidasyonlara neden olmuş olabilir. Kızartma yağına katılacak adsorban oranını belirlemek üzere ileri derecede kullanılmış ayçiçeği yağıyla yaptığımız deneylerde adsorban katkısı yağın ölçülen kimyasal özelliklerinde istatistik olarak önemli derecede azalmalara neden olurken, kontrollü şartlarda ardışık 5 günlük kızartma işleminde bu etki gözlenememiştir. Belki yağın daha ileri derecede bozulmuş olması adsorbanın olumlu etkilerini görmek için daha avantajlıdır. Ancak elde edilen bulgular literatürde verilen çok olumlu sonuçlarla örtüşmemektedir. Tabii ki kullanılan adsorban materyaller farklıdır. Farag ve El-Anany (2006) tarafından yapılan çalışmada diğer yağların yanında ayçiçeği yağı da farklı oranlarda Magnesol XL, diatom toprağı ve kaolin karışımı ile muamele edilmiş ve kırılma indisi, renk, köpük yüksekliği, viskozite, serbest asitlik, peroksit sayısı, konjuge dienoik asitler ve polimer miktarlarında bazı olumlu etkiler ölçülmüştür. Valdés ve García (2006)'nın yaptıkları çalışmada zeytinyağı ve ayçiçeği yağını karşılaştırmışlar ve her iki yağda da kızartma ile topaklanma kapasitesinin, viskozitenin ve yoğunluğun arttığını, ancak ayçiçeği yağının bozulmaya daha hassas olduğunu belirtmişlerdir.



Çizelge 14. Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait fiziksel analiz sonuçları

	Viskozite (cP, 25°C)		Bulanıklık (NTU)		Kırılma İndisi (25°C)		Dumanlanma Noktası (°C)	
	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban
0. Gün	54,20±0,10 A*	54,55±0,05 A	0,54±0,01 A	0,54±0,00 A	1,474±0,0 A	1,474±0,0 A	233±0,0 B	235±0,0 A <sup>6</sup>
1. Gün	56,07±0,12 A	56,62±0,47 A	0,43±0,01 A	0,49±0,16 A	1,476±0,0 A <sup>3</sup>	1,475±0,0 B	232±1,0 A	234,25±0,25 A
2. Gün	60,85±0,90 A	59,27±0,32 A	0,47±0,00 A	0,39±0,06 A	1,476±0,0 A <sup>4</sup>	1,475±0,0 B	228±0,0 B	230,5±0,5 A <sup>7</sup>
3. Gün	66,80±0,15 A	69,00±2,40 A	0,58±0,02 A <sup>1</sup>	0,39±0,00 B	1,476±0,0 A	1,475±0,0 A	225,5±0,5 A	229±1,0 A
4. Gün	73,67±0,47 A	80,07±5,42 A	0,69±0,04 A	0,59±0,10 A	1,477±0,0 A	1,476±0,0 A	221,5±0,50 B	225,37±0,62 A <sup>8</sup>
5. Gün	82,12±1,32 A	100,42±7,77 A	0,82±0,02 B	1,06±0,03 A <sup>2</sup>	1,477±0,0 A <sup>5</sup>	1,476±0,0 B	216,25±1,25 A	221,25±1,25 A

\*Karşılaştırmalar her bir analiz için her bir günde ‘kontrol’ ve ‘adsorban’ değerleri arasında yapılmıştır.

İstatistik olarak önemli derecede farklı olan ölçümler: <sup>1</sup>p<0,01; <sup>2</sup>p<0,05; <sup>3</sup>p<0,0001; <sup>4</sup>p<0,0001; <sup>5</sup>p<0,0001; <sup>6</sup>p<0,0001; <sup>7</sup>p<0,05; <sup>8</sup>p<0,05

Çizelge 15. Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait aletsel renk sonuçları

	Renk					
	L		a*		b*	
	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban
0. Gün	54,26±0,17 A	53,75±0,06 A	-0,15±0,02 A	0,17±0,01 A	3,42±0,04 B	3,92±0,05 A <sup>2</sup>
1. Gün	46,38±2,96 A	41,22±0,11 A	-2,90±0,32 A	-2,48±0,35 A	6,97±1,31 A	5,72±1,34 A
2. Gün	41,97±0,74 A	41,88±0,39 A	-2,96±0,22 A	-2,86±0,30 A	9,23±1,00 A	6,59±1,23 A
3. Gün	43,47±1,50 A	42,03±0,15 A	-4,21±0,43 A	-2,96±0,11 A	13,60±0,30 A <sup>3</sup>	6,74±0,56 B
4. Gün	43,79±0,67 A	41,95±0,50 A	-4,17±1,23 A	-3,38±0,26 A	14,28±6,53 A	8,20±1,21 A
5. Gün	44,97±0,37 A <sup>1</sup>	41,56±0,27 B	-3,42±0,21 A	-4,11±0,01 A	11,50±2,27 A	11,53±0,10 A

İstatistik olarak önemli derecede farklı olan ölçümler: <sup>1</sup>p<0,01; <sup>2</sup>p≤0,01; <sup>3</sup>p<0,01

Çizelge 16. Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait kimyasal analiz sonuçları

	Serbest Asitlik (% Oleik asit)		Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)		Konjuge Dienoik Asit (%)		Toplam Polar Madde-Prob (%)		Toplam Polar Madde (%)	
	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban
0. Gün	0,11±0,00 A	0,11±0,00 A	0,99±0,00 A	0,99±0,01 A	0,28±0,00 A	0,27±0,02 A	6,75±0,25 A	6,50±0,0 A	7,05±0,12 A	7,15±0,17 A
1. Gün	0,12±0,02 A	0,11±0,00 A	17,97±0,26 A	17,42±4,61 A	0,82±0,01 A	0,78±0,03 A	11,75±0,50 A <sup>3</sup>	9,25±0,25 B	11,13±0,13 A <sup>4</sup>	10,10±0,17 B
2. Gün	0,16±0,02 A	0,09±0,01 A	18,27±0,02 B	19,66±0,03 A <sup>1</sup>	1,60±0,09 A	1,16±0,12 A	14,75±0,50 A	11,62±0,62 A	15,44±0,34 A	13,93±0,08 A
3. Gün	0,19±0,02 A	0,11±0,01 A	17,57±1,74 A	22,69±0,98 A	1,68±0,04 A	1,61±0,12 A	18,75±0,50 A	15,75±0,50 A	18,68±1,08 A	16,62±0,41 A
4. Gün	0,21±0,28 A	0,14±0,03 A	12,11±1,28 A	24,34±4,21 A	1,94±0,20 A	2,05±0,21 A	21,50±0,50 A	20,25±1,75 A	23,83±0,02 A	21,45±1,50 A
5. Gün	0,24±0,00 A	0,21±0,01 A	14,36±0,05 B	26,50±0,94 A <sup>2</sup>	2,34±0,00 A	2,57±0,19 A	27,37±0,87 A	26,75±0,50 A	28,13±1,03 A	28,72±1,34 A

İstatistik olarak önemli derecede farklı olan ölçümler: <sup>1</sup>p<0,001; <sup>2</sup>p<0,01; <sup>3</sup>p<0,05; <sup>4</sup>p<0,05

Çizelge 17. Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı

	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	
	Kontrol	Adsorban
1. Gün (p=0,0374)	24,23±2,71 A	10,56±0,11 B
2. Gün (p=0,0067)	22,55±0,07 A	10,61±0,98 B
3. Gün (p=0,073)	21,31±2,01 A	13,11±1,30 A
4. Gün (p=0,024)	31,26±2,41 A	13,86±1,41 B
5. Gün (p=0,0494)	25,23±3,47 A	10,12±0,29 B

Ayçiçeği yağıyla yapılmış kontrol ve adsorban muameleli yağlarda 5 gün boyunca kızartılmış hamur örneklerine ait absorbe edilen yağ miktarları Çizelge 17’de gösterilmiştir. Buna göre kızartma işleminin 3. günü hariç diğer günlerde adsorbanla muamele edilmiş örneklerde hamur tarafından emilen yağ miktarı istatistik olarak önemli derecede düşük bulunmuştur. Adsorban muamelesinin ayçiçeği yağının ölçülen kalite kriterlerine olan etkisi istatistik olarak çok önemli olmazken yağın hamura absorpsiyonunu çok önemli oranda azaltması açıklanması kolay olmayan bir durumdur. Ancak arzu edilen çok olumlu bir sonuçtur. Çünkü diyetdeki yağ miktarının azaltılması, özellikle de kızartılmış ürünlerdeki yağ miktarının azaltılması istenen ve aranan bir durumdur. Mısır yağında kızartılan hamurlarda yaklaşık olarak %23-44 oranında yağ emilimi rapor edilmiştir (Yılmaz, 2004).

#### **4.4. Rafine Pirina Yağında “Kontrol” ve “Adsorbanla Muamele Edilmiş” Kızartma İşlemlerine Ait Veriler**

Rafine pirina yağıyla yapılan “Kontrol” ve “Adsorbanla Muamele Edilmiş” kızartma işlemleri iki tekerrürlü olarak uygulanmış ve her bir tekerrürde ölçümler iki paralel olarak yapılmıştır. Örneklere ait tüm fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tanıtıcı veriler Çizelge 18-21’de gösterilmiştir.

Rafine pirina yağıyla yapılmış kızartma işlemlerinden elde edilen yağlara adsorban muamelesi, kontrol ile karşılaştırıldığında örneklerin viskozite değerinde önemli artışlara neden olmuştur (Çizelge 18). Bu sonuç da ön çalışmada bulunan sonuca tamamen zıt yöndedir. Atık kızartma yağına katılan adsorban madde miktarı arttıkça (%1’den %10’a kadar) viskozitede önemli azalmalar görülmüştü (Çizelge 11). Bulanıklık ve dumanlanma noktası ölçümlerinde ise istatistik olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır. Kırılma indisi ölçümlerinde ise adsorban muamelesinin bu değerde önemli düşüslere neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 18). Bu sonuçlar, rafine pirina yağıyla 5 ardışık gün boyunca yapılan hamur kızartma işleminden sonra adı geçen adsorban karışımının yağla muamelesinin yağın fiziksel özelliklerinde herhangi bir pozitif katkı sağlamadığını göstermektedir.

Aynı örneklere ait aletsel renk değerleri Çizelge 19’da gösterilmiştir. Adsorban muamelesi genel olarak L değerini düşürmüştür. Artan adsorban oranıyla da L değeri düşüş göstermiştir (Çizelge 12). L değeri berraklığın bir ölçüsüdür ve düşmesi berraklıkta azalmaya işaret eder. Adsorban muamelesiyle yağda azda olsa bulanıklık artışı gerçekleşmiştir. Öte yandan aletsel rengin a\* ve b\* değerlerinde istatistik olarak önemli

değişimler daha azdır. Kızartma işleminin 5. gününde b\* değeri yükselmiş yani yağda sarı renk miktarı artmıştır. Bir çalışmada kızartmada kullanılan zeytinyağında L değeri yükselirken ayçiçeği yağında L değerinin düştüğü bildirilmiştir (Sanchez-Gimeno ve ark., 2008).

Örneklere ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 20’de gösterilmiştir. Rafine Pirina yağının adsorbanla muamelesiyle yapılan kızartma işleminde kontrole göre serbest asitlikte istatistik olarak önemli oranda düşüş ölçülmüştür. Buna karşın peroksit sayısı, konjuge dienoik asit değeri ve iki yöntemle ölçülen toplam polar madde miktarlarında kontrol ve adsorban muamelesi arasında istatistik olarak önemli farklar bulunamamıştır. Bu sonuç da hipoteze aykırı bir durumdur. Genel olarak, Hubesorb 600, Frypowder, Magnesol, Britesorb gibi ticari adsorbanlarla yapılan çalışmalarda serbest asitlik, toplam polar madde, UV absorbansı gibi analitik parametrelerde istatistik olarak önemli iyileştirmeler rapor edilmiştir (Akoh ve ark., 2001; Reynolds ve ark., 2002; Phogat ve ark., 2006; Singhal ve ark., 2008; Aladedunye ve Przybylski, 2009). Bu çalışmada kullanılan yeni adsorban karışımı kızartma yağlarında bir miktar iyileştirme sağlarken, literatürle karşılaştırıldığında diğer ticari karışımlara göre daha az etken olarak değerlendirilmiştir.

Rafine pirina yağında kızartılan hamurların absorbe ettiği yağ miktarları Çizelge 21’de gösterilmiştir. Kontrol ve adsorbanla muamele edilmiş grup arasında istatistik olarak önemli fark olmamasına rağmen, adsorban muamelesinin emilen yağ oranını %20-45 oranında azalttığı görülmektedir. Ayçiçeği yağında bu etki daha belirgindir (Çizelge 17). Absorbe edilen yağın azalması tüketici sağlığı açısından arzu edilen olumlu bir sonuçtur.

Çizelge 18. Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait fiziksel analiz sonuçları

	Viskozite (cP, 25°C)		Bulanıklık (NTU)		Kırılma İndisi (25°C)		Dumanlanma Noktası (°C)	
	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban
0. Gün	64,80±0,10 A	64,95±0,15 A	3,35±0,01 A	3,28±0,06 A	1,470±0,0 A	1,470±0,0 A	185±0,0 A	184±1,0 A
1. Gün	65,85±0,25 B	67,25±0,05 A <sup>1</sup>	1,02±0,01 A	1,46±0,32 A	1,471±0,0 A <sup>6</sup>	1,470±0,0 B	182,25±0,25 A <sup>11</sup>	172,25±0,75 B
2. Gün	68,97±0,22 B	70,42±0,01 A <sup>2</sup>	1,08±0,09 A	1,69±0,37 A	1,471±0,0 A <sup>7</sup>	1,470±0,0 B	177,2±0,62 A	171,25±1,25 A
3. Gün	72,52±0,12 B	77,80±0,20 A <sup>3</sup>	1,32±0,08 A	1,81±0,56 A	1,472±0,0 A <sup>8</sup>	1,470±0,0 B	174,0±1,0 A	172,25±1,25 A
4. Gün	80,27±0,62 B	88,62±0,27 A <sup>4</sup>	1,68±0,14 A	1,15±0,28 A	1,472±0,0 A <sup>9</sup>	1,470±0,0 B	172,0±1,0 A	171,12±0,12 A
5. Gün	87,40±1,95 B	103,42±1,17 A <sup>5</sup>	2,03±0,24 A	1,43±0,45 A	1,472±0,0 A <sup>10</sup>	1,471±0,0 B	172,25±0,25 A	171,50±1,0 A

İstatistik olarak önemli derecede farklı olan ölçümler: <sup>1</sup>p<0,05; <sup>2</sup>p<0,05; <sup>3</sup>p<0,01; <sup>4</sup>p<0,01; <sup>5</sup>p≤0,01; <sup>6</sup>p<0,0001; <sup>7</sup>p<0,0001; <sup>8</sup>p<0,0001; <sup>9</sup>p<0,0001; <sup>10</sup>p<0,0001; <sup>11</sup>p<0,01

Çizelge 19. Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait renk analizi sonuçları

	Renk					
	L		a*		b*	
	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban
0. Gün	61,71±0,15 A <sup>1</sup>	60,40±0,02 B	0,89±0,01 A	-0,84±0,02 A	9,65±0,29 A	9,90±0,15 A
1. Gün	51,57±0,04 A <sup>2</sup>	45,79±0,45 B	-3,60±0,01 A	-2,16±0,93 A	18,03±0,47 B	28,30±1,55 A <sup>5</sup>
2. Gün	51,70±0,01 A <sup>3</sup>	47,73±0,34 B	-3,67±0,47 A	-1,80±1,13 A	17,05±0,44 A	26,02±2,04 A
3. Gün	50,96±1,69 A	44,99±0,53 A	-3,57±0,57 A	-3,76±0,63 A	16,14±1,76 A	25,37±2,13 A
4. Gün	51,63±0,51 A <sup>4</sup>	46,32±0,17 B	-2,74±1,11 A	-3,41±0,96 A	19,47±1,21 A	24,55±4,73 A
5. Gün	52,91±1,26 A	47,33±1,74 A	-2,46±0,87 A	-1,32±2,24 A	19,92±0,19 B	29,05±1,13 A <sup>6</sup>

İstatistik olarak önemli derecede farklı olan ölçümler: <sup>1</sup>p<0,05; <sup>2</sup>p<0,01; <sup>3</sup>p<0,01; <sup>4</sup>p≤0,01; <sup>5</sup>p<0,05; <sup>6</sup>p<0,05

Çizelge 20. Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait kimyasal analiz sonuçları

	Serbest Asitlik (% Oleik asit)		Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)		Konjuge Dienoik Asit (%)		Toplam Polar Madde-Prob (%)		Toplam Polar Madde (%)	
	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban	Kontrol	Adsorban
0. Gün	0,27±0,01A	0,27±0,01 A	3,49±0,49 A	3,11±0,14 A	0,28±0,00 A	0,29±0,00 A	4,75±0,25 A	4,25±0,25 A	5,35±0,37 A	4,95±0,07 A
1. Gün	0,28±0,01A <sup>1</sup>	0,22±0,00 B	7,98±1,01 A	4,68±0,73 A	0,43±0,03 A	0,43±0,01 A	6,75±0,25 A	5,87±0,37 A	6,59±0,90 A	7,27±0,66 A
2. Gün	0,34±0,01 A <sup>2</sup>	0,22±0,00 B	6,48±0,52 A	4,67±0,74 A	0,52±0,03 A	0,58±0,00 A	9,25±0,25 A	8,50±0,50 A	10,05±0,39 A	11,27±0,20 A
3. Gün	0,43±0,01 A <sup>3</sup>	0,24±0,00 B	5,98±0,49 A	8,16±0,22 A	0,66±0,04 A	0,79±0,01 A	12,75±0,25 A	13,00±1,0 A	14,19±0,59 A	16,11±0,12 A
4. Gün	0,52±0,01 A <sup>4</sup>	0,26±0,00 B	5,65±0,67 A	11,57±1,21 A	0,82±0,06 A	1,04±0,03 A	18,12±0,12 A	18,75±1,25 A	18,64±0,52 A	21,68±0,48 A
5. Gün	0,59±0,02 A <sup>5</sup>	0,38±0,02 B	4,79±0,53 A	12,28±3,47 A	0,96±0,05 B	1,29±0,02 A <sup>6</sup>	21,62±1,12 A	26,50±1,00 A	24,86±1,36 A	29,99±0,38 A

İstatistik olarak önemli derecede farklı olan ölçümler: <sup>1</sup>p≤0,01; <sup>2</sup>p<0,003; <sup>3</sup>p<0,01; <sup>4</sup>p<0,01; <sup>5</sup>p<0,05; <sup>6</sup>p<0,05

Çizelge 21. Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı

	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	
	Kontrol	Adsorban
1. Gün (p=0,0374)	26,02±4,24 A	13,48±0,33 A
2. Gün (p=0,0067)	20,90±1,65 A	15,00±0,33 A
3. Gün (p=0,073)	20,56±1,34 A	16,09±0,59 A
4. Gün (p=0,024)	23,20±0,60 A	14,77±1,28 B
5. Gün (p=0,0494)	25,96±4,30 A	14,20±0,52 A

#### **4.5. Ayçiçeği ve Rafine Pirina Yağının Kızartma Süresince Birbirleriyle Karşılaştırılmaları**

Önceki bölümde her bir yağ örneği uygulanan adsorban muamelesine göre kendi kontrolüyle karşılaştırılırken, bu bölümde Ayçiçeği yağı ve Rafine Pirina yağı hem kontrol hem de adsorbanla muamele edilmiş örneklerde birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma süresince (başlangıçtan 5. güne kadar) zamana-bağlı karşılaştırmaları da yapılmıştır.

Herhangi bir adsorban muamelesi yapılmamış 'kontrol' grubunda her iki yağ örneğinden elde edilen veriler Duncan testiyle yapılan karşılaştırmalarıyla birlikte Çizelge 22-25'te gösterilmiştir. Örneklerde ölçülen fiziksel analiz sonuçları Çizelge 22'de gösterilmiştir. Çizelgede gösterilen büyük harfler her bir sütunda kızartma günlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasını gösterirken, küçük harfler iki yağ örneğini aynı günde birbiriyle karşılaştırmaktadır. Hem ayçiçeği hem de rafine pirina yağında viskozite değeri taze yağdan 5. güne kadar olan kullanım süresince artmıştır. İki yağda da başlangıç ölçümleri farklı olan viskozitede kızartma süresince oluşan farklılığın büyüklüğü de birbirine yakındır. Her iki yağ örneğinde de başlangıçtaki bulanıklık değeri kızartma süresince önce düşmüş daha sonra yükselmiştir. Kırılma indisi değerinde herhangi bir değişim gözlenmezken, dumanlanma noktaları her iki yağ örneğinde de kızartma süresince artmıştır. Ayrıca rafine pirina yağının dumanlanma noktası taze yağda da kullanılmış yağlarda da ayçiçeği yağından daha düşük bulunmuştur. Literatürde ayçiçeği yağı ve pirina yağı için 232 °C ve 210 °C gibi dumanlanma noktası değerleri bildirilmiştir (Anonim12, 2009; Anonim13, 2009). Bu çalışmada rafine pirina yağında ölçülen dumanlanma noktası değeri (172-185 °C), literatürde pirina yağı için verilen değerden oldukça düşük olarak ölçülmüştür. Türk Gıda Kodeksi, kızartmalık yağların kontrol tebliğine göre, bir yağın kızartma yağı olabilmesi için dumanlanma noktasının 170 °C'nin üstünde olması gerekmektedir (TGK, 2007). Örneklerde ölçülen değerler bu sınırın üstünde olduğu için, hukuk yönünden bir sorun bulunmamaktadır.

İki yağ örneğinin kontrol kızartma denemelerinden elde edilen örneklerde ölçülen aletsel renk değerleri Çizelge 23'te gösterilmiştir. Her iki yağ örneğinin aletsel renk ölçümlerinde hem iki yağ arasında hem de her bir yağın kızartma günlerinde istatistik olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır. Ancak genel olarak, rafine pirina yağının L değerinin ayçiçeği yağından biraz daha yüksek olduğu yani daha berrak olduğu görülmüştür. Öte yandan ayçiçeği yağının b\* değeri de rafine pirina yağından biraz daha yüksek, yani daha sarı olarak ölçülmüştür. Tanımlanan koşullardaki 5 günlük kızartma

işlemi her iki yağın aletsel renk değerlerinde istatistik olarak önemli bir değişiklik yaratmamıştır.

Bu grup örneklere ait kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 24'te gösterilmiştir. İki yağda da serbest asitlik 5 günlük kızartma süresince yükselmiştir. Bu sonuç yayınlanmış literatürle tamamen uyumludur. Kızartma yağlarında yüksek sıcaklıkta, kızartılan gıdadan çıkan su buharının da etkisiyle yağ hidrolizi oluşmaktadır (Choe ve Min, 2007). Yine rafine pirina yağındaki serbest asitlik artışı ayçiçeği yağından daha fazladır. Peroksit sayısındaki değişimde her iki yağda benzer eğilimler göstermiştir. İkisinde de başlangıçtan ikinci güne kadar peroksit sayısı hızla yükselmiş daha sonra 5. güne kadar yavaşça azalmıştır. Kızartma anındaki yüksek sıcaklıkta oluşan yağ asidi peroksitlerinin akümüle olamadan sıcaklığın etkisiyle parçalandıkları bildirilmiştir (Choe ve Min, 2007). Peroksit sayısında başlangıçta taze yağ örneklerinde rafine pirina yağının değeri daha yüksek olmasına rağmen, 5. günün sonunda ayçiçeği yağında ölçülen değer istatistik olarak rafine pirina yağından daha yüksektir. Bu sonuç bize ayçiçeği yağının oksidasyona rafine pirina yağından daha hassas olduğunu göstermektedir. Benzer bir sonuç Sanchez-Gimeno ve ark. (2008) tarafından da ayçiçeği yağı ve natürel zeytin yağı için bulunmuştur. Bunun bir sebebi her iki yağın yağ asidi bileşimindeki farklılık olabilir ki, pirina yağı bir oleik-asit grubu (yaklaşık %75-85 oleik asit) yağ iken, ayçiçeği yağı bir linoleik-asit grubu (yaklaşık %45-75 linoleik asit) yağdır. Linoleik asit daha fazla çift bağ içerdiğinden dolayı oleik aside göre oksidasyona karşı çok daha hassastır (Nas ve ark, 2001). Konjuge dienoik asit ve toplam polar madde değerleri de her iki yağ örneğinde kızartma süresince artmıştır. Bu bulgu da mevcut literatürle benzerlik göstermektedir. Bir araştırmada, ayçiçeği yağında yapılan patates kızartmasıyla % konjuge asit miktarı 0,183'ten 1,121'e kadar yükselmiştir (Anonim14, 2009). Bu araştırmada ise ayçiçeği yağında hem konjuge dienoik asitlerin hem de toplam polar maddelerin artış oranının rafine pirina yağına göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Yine ayçiçeği yağıyla 180 °C'de günde 8 batch ve 7'şer dakikalık kızartmayla, peroksit değeri başlangıçta 1,2 iken 10. gün sonunda 22,8 meqg O<sub>2</sub>/kg olarak, TPM değeri ise başlangıçta 4,9 iken 10. gün sonunda 43,6 olarak ölçülmüştür (Rossell, 2001). Bir diğer çalışmada 180 °C'de 3 L ayçiçeği yağı içinde 500 g patates 8 dakika boyunca kızartılmış ve bu işlem günde 10 defa tekrarlanmıştır. Ayçiçeği yağı toplamda 20 saat ısıtılma tabii tutulmuştur. TPM yüzdesi 0. kızartmada %4, otuzuncu kızartmada %18,9 ve altmışıncı kızartmada %27,7 olarak bulunmuştur (Arroyo ve ark., 1996). Kızartma yağları kontrol tebliğine (TGK, 2007) göre, bir yağın kızartma işleminde kullanılabilmesi için %25 toplam polar madde içeriğini aşmaması zorunludur. Bu



çalışmada ayçiçeği yağı 5. günde bu limiti aşmıştır. Yani tanımlanan koşullardaki bir kızartma işleminde örneklenen ayçiçeği yağı en fazla 4 gün kullanılabilir. Aslında halk sağlığının korunması için çok pratik ve oldukça da doğru sonuçlar verebilen prob ile toplam polar madde ölçümü, kızartma yapan gıda işletmelerinde kolaylıkla kullanılacak bir denetleme yöntemidir. Bu araştırma, bu iddiayı destekleyen bulguları göstermiştir.

Ayçiçeği ve rafine pirina yağıyla yapılan kontrol kızartmalarındaki hamurların absorbe ettiği yağ miktarları Çizelge 25'te gösterilmiştir. Buna göre hem iki yağ arasında hem de başlangıçtan 5. güne kadar günler arasında hamurların emdiği yağ miktarları arasında istatistik olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır.

Çizelge 22. Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait fiziksel analiz sonuçları

	Viskozite (cP, 25°C) (p=0,023)		Bulanıklık (NTU) (p=0,000)		Kırılma İndisi (25°C)		Dumanlanma Noktası (°C) (p=0,001)	
	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina
0. Gün	54,20±0,09 E*b**	64,80±0,09 Ea	0,54±0,01 ABb	3,35±0,01 Aa	1,474±0,0 Aa	1,470±0,0 Aa	233±0,0 Aa	185±0,0 Ab
1. Gün	56,08±0,13 Eb	65,85±0,25 Ea	0,43±0,01 Bb	1,02±0,00 Ea	1,476±0,0 Aa	1,471±0,0 Aa	232±0,99 Aa	182,3±0,25 Ab
2. Gün	60,85±0,90 Db	68,98±0,22 Da	0,46±0,00 Bb	1,08±0,10 DEa	1,476±0,0 Aa	1,471±0,0 Aa	228±0,0 Ba	177,1±0,63 Bb
3. Gün	66,80±0,15 Cb	72,53±0,13 Ca	0,58±0,02 ABb	1,32±0,08 Da	1,476±0,0 Aa	1,472±0,0 Aa	225,5±0,50 Ba	174±0,99 Cb
4. Gün	73,68±0,48 Bba	80,28±0,63 Ba	0,69±0,04 ABb	1,67±0,14 Ca	1,477±0,0 Aa	1,472±0,0 Aa	221,5±0,50 Ca	172,5±0,50 Cb
5. Gün	82,13±1,33 Ab	87,40±1,95 Aa	0,82±0,02 Ab	2,03±0,25 Ba	1,477±0,0 Aa	1,472±0,0 Aa	216,3±1,25 Da	172,3±0,25 Cb

\*Aynı sütunda büyük harflerle gösterilen harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

\*\* Aynı satırda küçük harflerle gösterilen harfler iki yağ örneğinin aynı günde birbirleriyle karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Çizelge 23. Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait renk analizi sonuçları

	Renk					
	L (p=0,603)		a* (p=0,387)		b* (p=0,500)	
	Ayçiçeği (p=0,008)	R.Pirina (p=0,001)	Ayçiçeği (p=0,017)	R.Pirina (p=0,016)	Ayçiçeği (p=0,204)	R.Pirina (p=0,002)
0. Gün	54,26±0,17 A*b**	61,71±0,15 Aa <sup>1</sup>	-0,150±0,025 Ab	0,895±0,009 Aa <sup>2</sup>	3,42±0,04 Ab	9,66±0,29 Ba <sup>3</sup>
1. Gün	46,38±2,96 Ba	51,57±0,04 Ba	-2,895±0,320 Ba	-3,600±0,015 Ba	6,97±1,31 Ab	18,03±0,47 Aa <sup>4</sup>
2. Gün	41,97±0,74 Bb	51,70±0,01 Ba <sup>5</sup>	-2,960±0,225 Ba	-3,670±0,475 Ba	9,23±0,99 Ab	17,06±0,44 Aa <sup>6</sup>
3. Gün	43,47±1,50 Ba	50,97±1,69 Ba	-4,210±0,435 Ba	-3,575±0,570 Ba	13,60±0,30 Aa	16,15±1,76 Aa
4. Gün	43,79±0,67 Bb	51,63±0,51 Ba <sup>7</sup>	-4,170±1,235 Ba	-2,740±1,115 Ba	14,28±6,53 Aa	19,47±1,21 Aa
5. Gün	44,97±0,37 Bb	52,91±1,26 Ba <sup>8</sup>	-3,420±0,215 Ba	-2,465±0,870 Ba	11,50±2,27 Aa	19,92±0,19 Aa

\*Aynı sütunda büyük harflerle gösterilen harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

\*\* Aynı satırda küçük harflerle gösterilen harfler iki yağ örneğinin aynı günde birbirleriyle karşılaştırılmalarını göstermektedir.

<sup>1</sup>p<0,01; <sup>2</sup>p<0,01; <sup>3</sup>p<0,01; <sup>4</sup>p<0,05; <sup>5</sup>p<0,01; <sup>6</sup>p<0,05; <sup>7</sup>p<0,05; <sup>8</sup>p<0,05

Çizelge 24. Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait kimyasal analiz sonuçları

	Serbest Asitlik (% Oleik asit) (p=0,000)		Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg) (p=0,000)		Konjuge Dienoik Asit (%) (p=0,000)		Toplam Polar Madde-Prob (%) (p=0,016)		Toplam Polar Madde (%) (p=0,163)	
	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği (P<0,0001)	R.Pirina (P<0,0001)
0. Gün	0,112±0,000 B*b**	0,265±0,014 Ea	0,99±0,00 Da	3,49±0,49 Ba	0,279±0,002 Ea	0,280±0,004 Da	6,75±0,25 Fa	4,75±0,25 Ea	7,06±0,12 Ea <sup>1</sup>	5,36±0,37 Eb
1. Gün	0,115±0,022 Bb	0,284±0,006 DEa	17,97±0,26 Aa	7,98±1,02 Ab	0,816±0,009 Da	0,427±0,029 CDb	11,75±0,49 Ea	6,75±0,25 Eb	11,13±0,13 Da <sup>2</sup>	6,59±0,91 DEb
2. Gün	0,159±0,02 ABb	0,342±0,007 Da	18,26±0,02 Aa	6,48±0,53 ABb	1,604±0,098 Ca	0,520±0,03 BCdb	14,75±0,49 Da	9,25±0,25 Db	15,45±0,35 Ca <sup>3</sup>	10,06±0,40 Db
3. Gün	0,195±0,028 ABb	0,430±0,013 Ca	17,56±1,73 ABa	5,98±0,50 ABb	1,680±0,042 BCa	0,660±0,042 ABCb	18,75±0,49 Ca	12,75±0,25 Cb	18,69±1,08 Ca	14,20±0,60 Ca
4. Gün	0,208±0,028 Ab	0,519±0,015 Ba	12,10±1,28 Ca	5,65±0,67 ABb	1,944±0,200 Ba	0,820±0,065 ABb	21,50±0,49 Ba	18,13±0,16 Bb	23,83±0,02 Ba <sup>4</sup>	18,64±0,52 Bb
5. Gün	0,236±0,000 Ab	0,592±0,021 Aa	14,36±0,05 BCa	4,79±0,54 ABb	2,341±0,002 Aa	0,957±0,051 Ab	27,38±0,87 Aa	21,63±1,13 Ab	28,13±1,03 Aa	24,87±1,36 Aa

\*Aynı sütunda büyük harflerle gösterilen harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

\*\* Aynı satırda küçük harflerle gösterilen harfler iki yağ örneğinin aynı günde birbirleriyle karşılaştırılmalarını göstermektedir.

<sup>1</sup>p≤0,05; <sup>2</sup>p<0,05; <sup>3</sup>p<0,01; <sup>4</sup>p≤0,01

Çizelge 25. Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı

	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	
	(p=0,430)	
	Ayçiçeği	R.Pirina
1. Gün	24,24±2,72	26,02±4,24
2. Gün	22,55±0,08	20,90±1,66
3. Gün	21,31±2,01	20,57±1,34
4. Gün	31,26±2,41	23,20±0,61
5. Gün	25,23±3,47	25,97±4,31

Ayçiçeği ve rafine pirina yağıyla yapılan ‘adsorbanla muamele edilmiş’ örneklerin birbirleriyle karşılaştırılmaları Çizelge 26-29’da gösterilmiştir. Bu çizelgelerde de yukarıda kontrol örneklerinin karşılaştırılmalarında olduğu gibi, aynı sütundaki büyük harfler Duncan testiyle o analiz için o yağda günleri karşılaştırırken, aynı satırdaki küçük harf aynı günde iki yağ örneğini (ayçiçeği ve rafine pirina yağı) birbiriyle karşılaştırmaktadır. Çizelge 26’da örneklerde ölçülen fiziksel analizler karşılaştırılmıştır. Her iki yağ örneğinde de viskozite kızartma süresince artmıştır. Viskozitedeki bu artış ayçiçeği yağında, rafine pirina yağına göre daha fazla gerçekleşmiştir. Al-Harbi ve Al-Kabtani (1993)’ye göre viskozitenin artması, oksidasyon ve polimerizasyonun oldukça yüksek bozucu etkilerinden dolayı gerçekleşmektedir. Yağlarda viskozitenin artması, yağ asitleri arasında yüksek molekül ağırlıklı bileşenlerin (karbon-karbon ve/veya karbon-oksijen-karbon köprüleri) meydana gelmesine neden olan polimerizasyonun bir sonucu olmaktadır. Kızartma yağının viskozitesi kızartma süresinin uzunluğuyla beraber artmaktadır (Chatzilazarou ve ark., 2006). Öte taraftan ölçülen bulanıklık ve kırılma indisi değerlerinde ne yağlar arasında ne de her bir yağ için kızartma günleri arasında istatistik olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Kızartma yağının bulanıklığı kızartma süresinin uzunluğuyla beraber arttığı bildirilmiştir. Ancak bu çalışmada adsorban muamelesi yapılmamıştır (Mittal ve Paul, 1996). Ayçiçeği yağının bu örneklerinde ölçülen dumanlanma noktası değerleri de rafine pirina yağından daha yüksektir ve her iki yağda da dumanlanma noktası kızartma günleri boyunca sürekli düşmüştür.

Çizelge 27’de örneklere ait aletsel renk ölçüm değerleri bulunmaktadır. Her iki yağ örneğinde de taze yağda yüksek olan L değeri, birinci günden sonra artık değişmemiştir. İki yağ örneği arasında da çok az bir farklılık vardır. Öte taraftan a\* değerinde iki yağ

örneği birbirinden farksızken, ayçiçeği yağında kızartma günlerinde değer biraz düşmüştür. Rafine pirina yağının b\* değeri çok önemli oranda ayçiçeği yağının değerinden daha yüksek olarak ölçülmüştür. Ayçiçeği yağının b\* değeri kızartma süresince yükselmiştir. Rafine pirina yağında ise ilk gün artmış sonraki günlerde değişme olmamıştır. Adsorbanla muamele edilmiş örneklerde kızartma süresince ayçiçeği yağının kırmızılık değeri azalırken, sarılık değeri artış göstermiştir. Gutiérrez ve ark. (1988)'na göre kızartma yağlarındaki renk artışı, karbonil grubu içeren uçucu olmayan parçalanma ürünlerini meydana getiren ve görünür ışık büyüklüğünün enerjisini absorbe edebilen alfa, beta-doymamış karbonil bileşenleriyle bağdaştırılmaktadır. Chatzilazarou ve ark. (2006) ise kullanım sıklığıyla beraber yağın renginin karardığını ve bu durumdan kızartılan gıdanın renginin de etkilendiğini bildirmişlerdir. Ancak burada kızartma işleminin toplam süresi önemli bir faktördür.

Bu grup örneklerde ölçülen kimyasal özellikler Çizelge 28'de gösterilmiştir. Her iki yağda da serbest asitlik kızartma süresince artmıştır. Rafine pirina yağındaki serbest asitlik ayçiçeği yağından daha yüksek ölçülmüştür. Literatürde kızartma süresince genel olarak serbest asitlikte artışlar bildirilmiştir (Akoh ve ark, 2001; Reynolds ve ark, 2002; Farag ve Al-Anany, 2006; Phogat ve ark, 2006). Peroksit değeri ve konjuge dienoik asit miktarları da iki yağ örneğinde de kızartma günleri boyunca artmıştır. Her iki değerde de ayçiçeği yağı, rafine pirina yağından daha yüksek değerlere sahiptir. Burada da benzer gerekçeyi, yani ayçiçeği yağının yüksek linoleik asit içeriğini, bu farklılığın nedeni olarak düşünebiliriz. Hem Testo 265 probuyla hem de kolon kromatografisiyle ölçülen toplam polar madde miktarları birbirlerine benzer aralıklarda bulunmuşlardır. Bu sonuç bize oldukça hızlı ve kolay ölçüm olanağı veren Testo 265 veya benzeri problemlerin bu ölçüm için güvenle kullanılabileceğini bildirmektedir. İki yöntemle ölçülen toplam polar madde değerleri her iki yağda da kızartma süresince artış göstermiştir. Ancak iki yağ örneği arasında istatistik olarak önemli farklılıklar bulunamamıştır. Bilinen kızartma araştırmaları literatürünün hemen hemen tamamında, toplam polar madde miktarının kızartma zamanıyla artış gösterdiği rapor edilmiştir. Yağın kullanım ömrünün hızla azalmasında ve kızartılan gıdanın daha fazla yağ absorbe etmesinde toplam polar maddelerin çok önemli etken olduğu daha önce de açıklanmıştır (Choe ve Min, 2006). Yağda artan polarite ile gıda-yağ temasının daha fazla olduğu ve yağın daha kolay gıda içine sızdığı bildirilmiştir.

Çizelge 26. Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait fiziksel analiz sonuçları

	Viskozite (cP, 25°C) (p=0,732)		Bulanıklık (NTU) (p=0,012)		Kırılma İndisi (25°C) (p=0,000)		Dumanlanma Noktası (°C) (p=0,000)	
	Ayçiçeği (p=0,001)	R.Pirina (p=0,000)	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina
0. Gün	54,55±0,05 C*b**	64,95±0,15 Ea <sup>1</sup>	0,545±0,005 Bb	3,280±0,060 Aa	1,474±0,000 Aa	1,470±0,000 Ab	235,0±0,0 Aa	184,0±1,0 Ab
1. Gün	56,63±0,48 Cb	67,25±0,05 Ea <sup>2</sup>	0,495±0,165 Bb	1,460±0,320 Ba	1,475±0,000 Aa	1,470±0,000 Ab	234,3±0,25 Aa	172,3±0,75 Bb
2. Gün	59,28±0,33 BCb	70,43±0,08 Da <sup>3</sup>	0,390±0,060 Bb	1,690±0,370 Ba	1,475±0,000 Aa	1,470±0,000 Ab	230,5±0,50 Ba	171,3±1,25 Bb
3. Gün	69,00±2,40 BCa	77,80±0,20 Ca	0,395±0,005 Bb	1,815±0,565 Ba	1,476±0,000 Aa	1,470±0,000 Ab	229,0±1,0 Ba	172,3±1,25 Bb
4. Gün	80,08±5,42 ABa	88,63±0,28 Ba	0,595±0,105 Ba	1,150±0,280 Ba	1,476±0,000 Aa	1,470±0,000 Ab	225,4±0,63 Ca	171,1±0,13 Bb
5. Gün	100,43±7,78 Aa	103,43±1,18 Aa	1,060±0,030 Aa	1,435±0,455 Ba	1,477±0,000 Aa	1,471±0,000 Ab	221,3±1,25 Da	171,5±1,0 Bb

\*Aynı sütunda büyük harflerle gösterilen harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

\*\* Aynı satırda küçük harflerle gösterilen harfler iki yağ örneğinin aynı günde birbirleriyle karşılaştırılmalarını göstermektedir.

<sup>1</sup>p<0,0001; <sup>2</sup>p<0,01; <sup>3</sup>p<0,01; <sup>4</sup>p<0,0001; <sup>5</sup>p<0,05; <sup>6</sup>p<0,05; <sup>7</sup>p<0,05

Çizelge 27. Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait renk analizi sonuçları

	Renk					
	L (p=0,062)		a* (p=0,447)		b* (p=0,012)	
	Ayçiçeği (p=0,000)	R.Pirina (p=0,000)	Ayçiçeği (p=0,000)	R.Pirina (p=0,223)	Ayçiçeği	R.Pirina
0. Gün	53,75±0,06 Ab	60,41±0,025 Aa <sup>1</sup>	-0,170±0,015 Ab	0,840±0,025 Aa <sup>2</sup>	3,93±0,055 Bb	9,90±0,15 Ba
1. Gün	41,22±0,115 Bb	45,80±0,45 Ba <sup>3</sup>	-2,485±0,355 Ba	-2,165±0,935 Aa	5,72±1,35 ABb	28,30±1,55 Aa
2. Gün	41,28±0,39 Ba	47,73±0,34 Bb <sup>4</sup>	-2,860±0,305 Ba	-1,803±1,127 Aa	6,59±1,23 ABb	26,02±2,04 Aa
3. Gün	42,04±0,15 Ba	44,99±0,54 Bb <sup>5</sup>	-2,968±0,117 CBa	-3,768±0,632 Aa	6,74±0,56 ABb	25,37±2,13 Aa
4. Gün	41,95±0,50 Bb	46,32±0,18 Ba <sup>6</sup>	-3,383±0,262 CBa	-3,418±0,967 Aa	8,20±1,21 ABb	24,55±4,73 Aa
5. Gün	41,56±0,28 Ba	47,34±1,74 Ba	-4,115±0,015 Ca	-1,328±2,242 Aa	11,54±0,10 Ab	29,06±1,13 Aa

\*Aynı sütunda büyük harflerle gösterilen harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

\*\* Aynı satırda küçük harflerle gösterilen harfler iki yağ örneğinin aynı günde birbirleriyle karşılaştırılmalarını göstermektedir.

<sup>1</sup>p<0,0001; <sup>2</sup>p≤0,001; <sup>3</sup>p≤0,01; <sup>4</sup>p<0,01; <sup>5</sup>p<0,05; <sup>6</sup>p<0,05



Çizelge 28. Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait kimyasal analiz sonuçları

	Serbest Asitlik (% Oleik asit) (p=0,200)		Peroksit Sayısı (meq O <sub>2</sub> /kg) (p=0,013)		Konjuge Dienoik Asit (%) (p=0,000)		Toplam Polar Madde-Prob (%) (p=0,448)		Toplam Polar Madde (%) (p=0,041)	
	Ayçiçeği (p=0,009)	R.Pirina (p=0,000)	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği	R.Pirina	Ayçiçeği (p=0,000)	R.Pirina (p=0,000)	Ayçiçeği	R.Pirina
0. Gün	0,116±0,001 B*b**	0,271±0,006 Ba <sup>1</sup>	1,00±0,01 Ca	3,12±0,15 Ba	0,278±0,019 Ca	0,287±0,004 Ba	6,50±0,00 Ea <sup>6</sup>	4,25±0,25 Db	7,15±0,17 Fa	4,96±0,08 Fb
1. Gün	0,111±0,000 Bb	0,220±0,000 Ca <sup>2</sup>	17,42±4,61 Ba	4,68±0,74 Bb	0,785±0,031 Ca	0,428±0,009 Ba	9,25±0,25 DEa <sup>7</sup>	5,88±0,37 Db	10,11±0,18 Ea	7,27±0,66 Eb
2. Gün	0,091±0,007 Bb	0,219±0,001 Ca <sup>3</sup>	19,67±0,03 ABa	4,67±0,74 Bb	1,161±0,122 Ba	0,585±0,003 Bb	11,63±0,63 CDa	8,50±0,50 Da	13,93±0,08 Da	11,27±0,20 Db
3. Gün	0,111±0,000 Bb	0,237±0,001 BCa <sup>4</sup>	22,69±0,99 ABa	8,16±0,23 ABb	1,615±0,122 Ba	0,795±0,011 Bb	15,75±0,50 Ca	13,00±1,00 Ca	16,62±0,41 Ca	16,11±0,12 Ca
4. Gün	0,145±0,035 ABa	0,263±0,000 BCa	24,35±4,21 ABa	11,58±1,22 Ab	2,052±0,214 Aa	1,043±0,032 Ab	20,25±1,75 Ba	18,75±1,25 Ba	21,45±1,51 Ba	21,69±0,49 Ba
5. Gün	0,215±0,007 Ab	0,382±0,019 Aa <sup>5</sup>	26,51±0,95 Aa	12,29±3,48 Ab	2,571±0,196 Aa	1,290±0,020 Ab	26,75±0,50 Aa	26,50±1,00 Aa	28,73±1,35 Aa	29,99±0,39 Aa

\*Aynı sütunda büyük harflerle gösterilen harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

\*\* Aynı satırda küçük harflerle gösterilen harfler iki yağ örneğinin aynı günde birbirleriyle karşılaştırılmalarını göstermektedir.

<sup>1</sup>p<0,01; <sup>2</sup>p<0,0001; <sup>3</sup>p<0,01; <sup>4</sup>p<0,0001; <sup>5</sup>p<0,05; <sup>6</sup>p<0,05; <sup>7</sup>p<0,05

Çizelge 29. Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı

	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	
	(p=0,339)	
	Ayçiçeği (p=0,126)	R.Pirina (p=0,253)
1. Gün	10,57±0,12 Ab	13,48±0,34 Aa <sup>1</sup>
2. Gün	10,62±0,98 Aa	15,01±0,33 Aa
3. Gün	13,12±1,30 Aa	16,09±0,60 Aa
4. Gün	13,86±1,41 Aa	14,77±1,29 Aa
5. Gün	10,13±0,29 Ab	14,21±0,53 Aa <sup>2</sup>

<sup>1</sup>p<0,05; <sup>2</sup>p<0,05

Adsorbanla muamele edilmiş yağlarda kızartılmış hamur örneklerinin absorbe ettiği yağ miktarları Çizelge 29’da gösterilmiştir. Her iki yağda da günlere göre hamurun emdiği yağ miktarında istatistik olarak fark bulunmamaktadır. Ancak genelde rafine pirina yağında kızartılan örnekler çok az da olsa fazla yağ absorbe etmişlerdir.

#### 4.6. Kızartma Yağlarında Ölçülen Parametrelerin Korelasyonları

Bu araştırmada kızartma yağlarında 4 farklı fiziksel özellik ve 4 farklı kimyasal özellik ile yağların aletsel renk değerleri ve kızartılan hamurların absorbe ettiği yağ miktarları ölçülmüştür. Kimyasal özelliklerden toplam polar madde iki ayrı teknikle (prob ve kolon kromatografisi) ölçülmüştür. Ölçülen 4 fiziksel, 5 kimyasal özellik ve 1 absorbe edilen yağ miktarları arasındaki korelasyon her bir yağ örneği için (ayçiçeği ve rafine pirina) ve her bir kızartma protokolü için (kontrol ve adsorbanla muameleli) ayrı ayrı analiz edilmiştir. Aletsel renk değerleri taze yağın türüne önemli derecede bağlı oldukları ve kızartma süresinde istatistik olarak önemli değişimler göstermedikleri için korelasyon analizine alınmamıştır.

Çizelge 30 ve 31’de ayçiçeği yağıyla yapılan kontrol ve adsorbanla muamele edilmiş örneklerde ölçülen analizlere ait korelasyon verileri bulunmaktadır. Ayçiçeği yağının “kontrol” kızartmalarına ait en yüksek korelasyonlar toplam polar madde-prob ile toplam polar madde ( $r^2=0,991$ ); toplam polar madde ile viskozite ( $r^2=0,982$ ) ve dumanlanma noktası ile viskozite ( $r^2=0,982$ ) arasında olmaktadır. Ayrıca ilgi çekici bir durum olarak, dumanlanma noktası hemen ölçülen tüm diğer parametrelerle negatif yönlü korelasyon vermiştir. Bu durum şunu göstermektedir ki, yağda kızartma sürecinde oluşan bozunmalar ile bazı fiziksel ve kimyasal ölçütlerde artış oldukça, yine bu bozunmaların bir sonucu

olarak dumanlanma noktası da düşmektedir. Bu grupta peroksit sayısı sadece kırılma indisıyla pozitif, absorbe edilen yağ miktarıyla da negatif yönlü korelasyon göstermiştir. Kızartma yağlarında bozulmanın iyi indikatörleri olan serbest asitlik, konjuge dienoik asit miktarı ve toplam polar madde miktarları ise genellikle kuvvetli pozitif korelasyon göstermişlerdir. Öte taraftan hamurların absorbe ettiği yağ miktarı sadece peroksit sayısı ile negatif yönlü korelasyon gösterirken, diğer korelasyonları istatistik olarak önemsiz bulunmuştur.

Ayçiçeği yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait en yüksek korelasyonlar toplam polar madde-prob ile toplam polar madde ( $r^2=0,995$ ) ve toplam polar madde ile dumanlanma noktası ( $r^2=-0,988$ ) arasında olmaktadır. Bu grup örneklerde de dumanlanma noktası tüm parametrelerle beklendiği gibi negatif yönlü korelasyon vermiştir. Benzer şekilde absorbe edilen yağ miktarı da hiçbir parametre ile önemli korelasyon göstermemiştir. Ayçiçeği yağında kontrol ve adsorbanla muamele edilmiş örneklerde benzer korelasyon ilişkileri gözlenmiştir.

Çizelge 30. Ayçiçeği yağının “kontrol” kızartmalarına ait analiz sonuçlarının korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Kırılma İndisi (25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Toplam Polar Madde (%)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,241	,891**	,899**	,802**	,897**	,801**	-,898**	,904**	,305
		,450	,000	,000	,002	,000	,002	,000	,000	,392
Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	,241	1	,516	,417	-,157	,233	,666*	-,255	,363	-,686*
	,450		,086	,177	,626	,466	,018	,423	,246	,029
Konjuge Dienoik Asit (%)	,891**	,516	1	,955**	,705*	,908**	,957**	-,917**	,957**	,284
	,000	,086		,000	,010	,000	,000	,000	,000	,426
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,899**	,417	,955**	1	,824**	,979**	,937**	-,964**	,991**	,262
	,000	,177	,000		,001	,000	,000	,000	,000	,464
Bulanıklık (NTU)	,802**	-,157	,705*	,824**	1	,912**	,594*	-,877**	,836**	,369
	,002	,626	,010	,001		,000	,042	,000	,001	,295
Viskozite (cP, 25°C)	,897**	,233	,908**	,979**	,912**	1	,861**	-,982**	,982**	,336
	,000	,466	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,342
Kırılma İndisi (25°C)	,801**	,666*	,957**	,937**	,594*	,861**	1	-,870**	,927**	,356
	,002	,018	,000	,000	,042	,000		,000	,000	,313
Dumanlanma Noktası (°C)	-,898**	-,255	-,917**	-,964**	-,877**	-,982**	-,870**	1	-,975**	-,377
	,000	,423	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,283
Toplam Polar Madde (%)	,904**	,363	,957**	,991**	,836**	,982**	,927**	-,975**	1	,338
	,000	,246	,000	,000	,001	,000	,000	,000		,339
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	,305	-,686*	,284	,262	,369	,336	,356	-,377	,338	1
	,392	,029	,426	,464	,295	,342	,313	,283	,339	

\*\* . p&lt;0,01; \* .p&lt;0,05

Çizelge 31. Ayçiçeği yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait analiz sonuçlarının korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Kırılma İndisi (25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Toplam Polar Madde (%)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,463	,750**	,832**	,908**	,905**	,693*	-,781**	,816**	-,274
		,129	,005	,001	,000	,000	,012	,003	,001	,444
Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	,463	1	,860**	,789**	,375	,689*	,916**	-,755**	,792**	,045
	,129		,000	,002	,229	,013	,000	,005	,002	,903
Konjuge Dienoik Asit (%)	,750**	,860**	1	,984**	,602*	,940**	,960**	-,964**	,984**	,113
	,005	,000		,000	,038	,000	,000	,000	,000	,756
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,832**	,789**	,984**	1	,714**	,970**	,937**	-,977**	,995**	,037
	,001	,002	,000		,009	,000	,000	,000	,000	,919
Bulanıklık (NTU)	,908**	,375	,602*	,714**	1	,788**	,568	-,670*	,701*	-,337
	,000	,229	,038	,009		,002	,054	,017	,011	,342
Viskozite (cP, 25°C)	,905**	,689*	,940**	,970**	,788**	1	,870**	-,952**	,970**	-,019
	,000	,013	,000	,000	,002		,000	,000	,000	,960
Kırılma İndisi (25°C)	,693*	,916**	,960**	,937**	,568	,870**	1	-,893**	,935**	,083
	,012	,000	,000	,000	,054	,000		,000	,000	,819
Dumanlanma Noktası (°C)	-,781**	-,755**	-,964**	-,977**	-,670*	-,952**	-,893**	1	-,988**	-,051
	,003	,005	,000	,000	,017	,000	,000		,000	,888
Toplam Polar Madde (%)	,816**	,792**	,984**	,995**	,701*	,970**	,935**	-,988**	1	,013
	,001	,002	,000	,000	,011	,000	,000	,000		,972
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,274	,045	,113	,037	-,337	-,019	,083	-,051	,013	1
	,444	,903	,756	,919	,342	,960	,819	,888	,972	

\*\*. p&lt;0,01; \*.p&lt;0,05

Rafine pirina yağıyla yapılan kızartma işlemlerinden elde edilen örneklerde ölçülen parametrelere ait korelasyon verileri Çizelge 32 ve 33'te gösterilmiştir. Kontrol kızartmasından elde edilen örneklerde, yine dumanlanma noktası diğer parametrelerle negatif korelasyonlar göstermiştir. Benzer şekilde absorbe edilen yağ miktarı hiçbir parametre ile istatistik olarak önemli bir korelasyon göstermemiştir. Serbest asitlik, konjuge dienoik asitler, toplam polar maddeler, viskozite ve kırılma indisi arasında yine önemli korelasyonlar belirlenmiştir. Burada önemli bir bulgu, peroksit sayısının, bulanıklık ile gösterdiği istatistik olarak önemli negatif korelasyondur.

Rafine pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait en yüksek korelasyonlar konjuge dienoik asit ile toplam polar madde ( $r^2=0,995$ ) ve toplam polar madde ile toplam polar madde-prob ( $r^2=0,993$ ) arasında bulunmuştur (Çizelge 33). Bu grup örneklerde de tek beklenmeyen durum, dumanlanma noktasının bulanıklık ile gösterdiği önemli pozitif korelasyondur. Diğer parametrelerle daha öncekilerde olduğu gibi negatif korelasyonlar bulunmaktadır. Ayrıca bu örneklerde de yine bozunmanın önemli kriterleri olan serbest asitlik, toplam polar madde, konjuge dienoik asit, viskozite ve kırılma indisi arasında bazı korelasyonlar belirlenmiştir. Daha önce mısır yağıyla yapılan bir hamur kızartma çalışmasında, yağ yoğunluğu, asitlik, alkali bulaşanlar miktarı ve hamurun emdiği yağ miktarları arasında istatistik olarak önemli pozitif korelasyonlar bildirilmiştir (Yılmaz, 2004).

Çizelge 32. Pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait analiz sonuçlarının korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Kırılma İndisi (25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Toplam Polar Madde (%)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	-,193	,984**	,993**	-,088	,981**	,875**	-,899**	,987**	,187
		,547	,000	,000	,787	,000	,000	,000	,000	,604
Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	-,193	1	-,095	-,145	-,865**	-,213	,242	-,066	-,172	-,321
	,547		,769	,653	,000	,506	,448	,838	,594	,366
Konjuge Dienoik Asit (%)	,984**	-,095	1	,982**	-,218	,957**	,922**	-,907**	,968**	,264
	,000	,769		,000	,497	,000	,000	,000	,000	,462
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,993**	-,145	,982**	1	-,126	,990**	,888**	-,903**	,991**	,210
	,000	,653	,000		,696	,000	,000	,000	,000	,559
Bulanıklık (NTU)	-,088	-,865**	-,218	-,126	1	-,027	-,520	,397	-,085	,406
	,787	,000	,497	,696		,933	,083	,201	,792	,244
Viskozite (cP, 25°C)	,981**	-,213	,957**	,990**	-,027	1	,842**	-,846**	,990**	,262
	,000	,506	,000	,000	,933		,001	,001	,000	,465
Kırılma İndisi (25°C)	,875**	,242	,922**	,888**	-,520	,842**	1	-,907**	,878**	,171
	,000	,448	,000	,000	,083	,001		,000	,000	,637
Dumanlanma Noktası (°C)	-,899**	-,066	-,907**	-,903**	,397	-,846**	-,907**	1	-,883**	,183
	,000	,838	,000	,000	,201	,001	,000		,000	,614
Toplam Polar Madde (%)	,987**	-,172	,968**	,991**	-,085	,990**	,878**	-,883**	1	,169
	,000	,594	,000	,000	,792	,000	,000	,000		,641
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	,187	-,321	,264	,210	,406	,262	,171	,183	,169	1
	,604	,366	,462	,559	,244	,465	,637	,614	,641	

\*\*. p&lt;0,01; \*.p&lt;0,05

Çizelge 33. Pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait analiz sonuçlarının korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Kırılma İndisi (25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Toplam Polar Madde (%)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,725**	,690*	,768**	-,078	,816**	,926**	,024	,747**	-,197
		,008	,013	,004	,810	,001	,000	,941	,005	,585
Peroksit Sayısı (meqg O <sub>2</sub> /kg)	,725**	1	,956**	,939**	-,581*	,962**	,692*	-,491	,954**	,046
	,008		,000	,000	,048	,000	,013	,105	,000	,900
Konjuge Dienoik Asit (%)	,690*	,956**	1	,985**	-,576*	,979**	,710**	-,597*	,995**	,064
	,013	,000		,000	,050	,000	,010	,041	,000	,861
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,768**	,939**	,985**	1	-,460	,990**	,783**	-,522	,993**	-,011
	,004	,000	,000		,132	,000	,003	,081	,000	,976
Bulanıklık (NTU)	-,078	-,581*	-,576*	-,460	1	-,492	-,210	,782**	-,524	,124
	,810	,048	,050	,132		,104	,512	,003	,081	,734
Viskozite (cP, 25°C)	,816**	,962**	,979**	,990**	-,492	1	,815**	-,475	,990**	-,026
	,001	,000	,000	,000	,104		,001	,118	,000	,944
Kırılma İndisi (25°C)	,926**	,692*	,710**	,783**	-,210	,815**	1	-,211	,767**	-,226
	,000	,013	,010	,003	,512	,001		,510	,004	,529
Dumanlanma Noktası (°C)	,024	-,491	-,597*	-,522	,782**	-,475	-,211	1	-,553	,092
	,941	,105	,041	,081	,003	,118	,510		,062	,800
Toplam Polar Madde (%)	,747**	,954**	,995**	,993**	-,524	,990**	,767**	-,553	1	,047
	,005	,000	,000	,000	,081	,000	,004	,062		,897
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,197	,046	,064	-,011	,124	-,026	-,226	,092	,047	1
	,585	,900	,861	,976	,734	,944	,529	,800	,897	

\*\* . p&lt;0,01; \* .p&lt;0,05



**BÖLÜM 5****SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu araştırmanın ana objektifi kızartma yağlarında, yağın raf ömrünü uzatan, yağın kullanım etkenliğini ve verimini artıran ve kızartılmış gıdada kaliteyi artıran yeni bir adsorban madde karışımını ortaya çıkartmaktır. Bu maksatla daha önce kullanılmamış olan diatom toprağı:zeolit:kireç (1:1:1, w/w) karışımı seçilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında bu adsorban karışımının yağa katım oranı belirlenmiş, sonraki bölümde de ayçiçeği yağı ve rafine pirina yağı kullanılarak ardışık 5 gün boyunca hamur kızartılmış ve kontrole karşı bu karışımın etkenliği araştırılmıştır.

Araştırmanın ilk bölümünde her bir adsorban madde ileri derecede kullanılmış ayçiçeği yağına %10 seviyesinde uygulanmıştır. Sonuçta serbest asitliğin kireç ve zeolit tarafından düşürüldüğü, toplam polar maddenin zeolit tarafından azaltıldığı, rengin ise diatom toprağı tarafından açıldığı görülmüştür. Bu maddelerin olumlu etkilerinden faydalanmak üzere hazırlanan bire birlik karışım 5 farklı oranda yağa katılmış ve en iyi sonuçlar %10 katım oranında belirlenmiştir. Daha yüksek oranlarda katım, yağ kaybında çok önemli artışlara neden olduğu için bu oran seçilmiştir. Üçlü adsorban karışımı yağa %10 oranında uygulandığında, serbest asitlik, peroksit sayısı, toplam polar madde, konjuge dienoik asitler, bulanıklık ve viskozite değerleri istatistik olarak önemli derecede düşüşler göstermiştir. Aletsel renk değerleri ve kırılma indisinde belirgin bir değişim görülmemiştir.

Araştırmanın ikinci bölümünde yukarıda belirlenen üçlü adsorban %10 oranında, materyal ve yöntem bölümünde tanımlanan kızartma protokolü çerçevesinde ayçiçeği yağı ve rafine pirina yağına 5 ardışık gün boyunca kendi kontrolüne karşı uygulanmıştır. Genel olarak ayçiçeği yağında ölçülen fiziksel, aletsel renk ve kimyasal özelliklerde kontrol örnekleri ve adsorban muameleli örnekler arasında istatistik olarak önemli farklar bulunamamıştır. Öte taraftan adsorban muameleli yağlarda kızartılan hamurlar eşdeğer kontrol örneklerine göre daha az yağ absorbe etmişlerdir. Bu beslenmede yağı azaltmayı öngören genel tutum için olumlu bir sonuçtur. Rafine pirina yağı örneklerinde de benzer sonuçlar alınmıştır. Burada ilgi çekici ve beklenmeyen bir sonuç olarak adsorban muamelesinin yağda viskozite artışına neden olmasıdır. Bu sonuç önceki çalışmanın sonucuyla zıt yöndedir. Olumlu sonuç olarak adsorban muamelesi rafine pirina yağında

kontrole göre serbest asitlik değerlerinde önemli azalmalara neden olmuştur. Bu örneklerde kızartılan hamurların emdiği yağ miktarları arasında istatistik olarak önemli farklar bulunmamıştır.

Ayçiçeği yağı ve rafine pirina yağı örnekleri hem birbirleriyle hem de 5 günlük kızartma sürecinde zamana göre karşılaştırılmışlardır. Hem kontrol hem de adsorban muameleli örneklerde iki yağ için de viskozite değeri kızartma günlerinde artış göstermiştir. Ölçülen değerler genel olarak ayçiçeği yağında daha yüksektir. Bulanıklık değeri ise iki yağda da kızartma süresince önce biraz düşmüş sonra yükselmiştir. Dumanlanma noktası iki örnekte iki işlemde de kızartma süresince önemli düşüşler göstermiştir. Ayrıca mevcut literatürün aksine, burada rafine pirina yağında ölçülen dumanlanma noktası değerleri ayçiçeği yağından oldukça düşüktür. Aletsel renk değerleri yağlar ve günler arasında istatistik olarak önemli oranda farklı olmamakla beraber, kontrol örneklerinde L değeri rafine pirina yağında ve b\* değeri de ayçiçeği yağında biraz daha yüksektir. İki yağ örneğinde de her iki işlemde kimyasal parametrelerden serbest asitlik, toplam polar madde ve konjuge dienoik asit değerleri kızartma süresince artmıştır. Peroksit sayısı ise önce biraz artmış daha sonra düşüş eğilimi göstermiştir ki bu önceki literatür bulgularıyla örtüşmektedir. Kimyasal parametrelerde, rafine pirina yağındaki artış peroksit sayısı hariç olmak üzere ayçiçeği yağında daha fazladır. Hamurların absorbe ettiği yağ miktarlarında ise genel olarak iki yağ arasında ve kızartma süresinde istatistik olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır.

İki yağ örneğinde iki tür kızartma işleminden elde edilen örneklerden ölçülen fiziksel ve kimyasal parametreler arasındaki korelasyon analizleri sonucunda genel olarak toplam polar madde ile serbest asitlik, viskozite, konjuge dienoik asit ve bulanıklık arasında önemli korelasyonlar belirlenmiştir. Önemli bir sonuç olarak dumanlanma noktası diğer parametrelerin hemen tamamıyla negatif korelasyon göstermiştir. Ayrıca hamurun absorbe ettiği yağ diğer parametrelerle önemli korelasyonlar göstermemiştir. Yine peroksit sayısı da genel olarak önemsiz veya az sayıda önemli korelasyon göstermiştir.

Kısaca özetlenen ana bulgular ışığında bu araştırmadan aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Burada çalışılan üçlü adsorban karışımının etkenliği yağa katım oranı arttıkça artmaktadır, ancak oran %10'u aştığında yağ kaybı fazlalaşmaktadır. Dolayısıyla en fazla %10 gibi bir katım oranı önerilebilir,
2. Genel olarak adı geçen üçlü adsorban karışımı daha ileri derecede bozunmuş kızartma yağlarının yenilenmesinde daha avantajlı bulunmuştur,

3. Ancak mevcut literatürde bildirilen Magnesol XL, Britesorb, Frypowder gibi adsorbanlarla karşılaştırıldığında, burada çalışılan adsorban karışımının etkenliği daha düşük olarak değerlendirilmiştir,

4. Toplam polar madde ölçümünü piyasada bulunan ve çok kolay kullanımla çok hızlı sonuç veren problarla (Testo 265 gibi) yeterli doğrulukla yapabilmek mümkündür. Bir örneğin analizi saatler alan resmi kolon kromatografisi yöntemi yerine bu pratik problar piyasa kontrol çalışmaları için önerilebilir,

5. Rafine pirina yağı için literatürde verilen dumanlanma noktası değeri ve bu araştırmada ölçülen değer birbirinden oldukça farklıdır. Hâlbuki ayçiçeği yağı için sonuçlar benzerdir. İki yağda da aynı yöntemle ölçüm yapıldığı için, rafine pirina yağının bilinen dumanlanma noktası değerinin yeniden farklı laboratuarlarda ölçülmesi önerilmektedir,

6. Peroksit sayısı ölçülen diğer parametrelerle sergilediği düşük ve yönü belirsiz korelasyondan dolayı kızartma yağlarında kalite ölçütü olarak yeterli bulunamamıştır,

7. Adsorban muameleli yağlarda kızartılan hamurlar eşdeğer kontrollerden daha az yağ absorbe etmişlerdir. Bu beslenme açısından olumlu bir sonuçtur ve sebebinin araştırılması önerilebilir,

8. Genel olarak, ülkemizde 2007 yılında yapılan değişiklikle kanunen yemeklik yağ statüsü kazanan rafine pirina yağı kızartma yağı olarak iyi bir sonuç vermiştir. Hatta 5. gün sonunda ayçiçeği yağında toplam polar madde miktarı bazı durumlarda tebliğ tarafından izin verilen sınırı aşmışken, rafine pirina yağında aşılmamıştır. Rafine pirina yağı iyi bir kızartma yağı olarak önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- AOAC 1984. AOAC-Methods 920.39, Crude Fat & Oil. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (14th ed.). Arlington, Virginia.
- AOCS 1998a. AOCS-Methods Cc 9a-48, Smoke, Flash, and Fire Point–Cleveland Open Cup Method. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* (5th ed). Champaign, IL.
- AOCS 1998b. AOCS-Methods Ca 5a-40, Free Fatty Acids. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* (5th ed). Champaign, IL.
- AOCS 1998c. AOCS-Methods Cd 8-53, Peroxide Value: Acetic Acid–Chloroform Method. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* (5th ed). Champaign, IL.
- AOCS 1998d. AOCS-Methods Ti 1a-64, Spectrophotometric Determination of Conjugated Dienoic Acid. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* (5th ed). Champaign, IL.
- AOCS 1998e. AOCS-Methods Cd 20-91, Determination of Polar Compounds in Frying Fats. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* (5th ed). Champaign, IL.
- Abd-el Aal M.H. ve Youssef M.M., 1990. Role of Some Adsorbents in Improving Quality Attributes of Oils Used in Deep Frying of Falafel. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 67: 139-143.
- Akoh C.C., Lin S. ve Reynolds A.E., 2001. Recovery of Used Frying Oils with Adsorbent Combinations: Refrying and Frequent Oil Replenishment. *Food Research International*, 34: 159-166.
- Al-Harbi M.M. ve Al-Kabtani H.A., 1993. Chemical and Biologic Evaluation of Discarded Frying Palm Oil Commercial Restaurants. *Food Chemistry*, 48: 395-401.
- Aladedunye F.A. ve Przybylski, 2009. Degradation and Nutritional Quality Changes of Oil During Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86: 149-156.
- Alim, H. ve Morton, I.D., 1974. Deep Fat Frying Oil and Absorption by a Fried Product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25: 1041-1042.
- Anonim1. 2009. *Oils and fats market*. Retrieved January 11, 2008, from <http://www.rea.co.uk/market/>.

- Anonim2. 2008. *World Statistics - Vegetable Oil Consumption*. Retrieved December 14, 2008, from <http://www.soystats.com/2008/Default-frames.htm>.
- Anonim3. 2008. *Patatesin Toplum Üzerindeki Etkisi*. 23 Kasım 2008, <http://www.arastirilm.net/patatesin-toplum-uzerindeki-etkisi.html>
- Anonim4. 2006. *Kızartma Yağlarının Kalite Kontrolü ve Optimum Kullanımı İçin: Testo 265*. 8 Ekim 2008, [http://www.ezici.com.tr/bitkisel\\_atik\\_yag\\_etkileri.asp?kid=35](http://www.ezici.com.tr/bitkisel_atik_yag_etkileri.asp?kid=35).
- Anonim5. 2009. *Magnesol®*. Retrieved January 5, 2009, from <http://www.fryerpower.com/files/RSeries.pdf>.
- Anonim6. 2009. *Britesorb™ C935*. Retrieved January 5, 2009, from [http://www.pqcorp.com/AGSpecific/Britesorb\\_C935.pdf](http://www.pqcorp.com/AGSpecific/Britesorb_C935.pdf).
- Anonim7. 2009. *Frypowder®*. Retrieved January 5, 2009, from [http://www.spimpex.com/default.asp?sayfa=miroil\\_frypowder](http://www.spimpex.com/default.asp?sayfa=miroil_frypowder).
- Anonim8. 2009. *OilFresh™ 1000*. Retrieved January 5, 2009, from <http://www.oilfresh.com>.
- Anonim9. 2009. *Zeolit*. 10 Şubat 2009, <http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Zeolit>.
- Anonim10. 2009. *Zeolit nedir?*. 11 Şubat 2009, [http://www.teknomin.com.tr/turkce/zeolit\\_b.html](http://www.teknomin.com.tr/turkce/zeolit_b.html).
- Anonim11. 1996. *Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu EK-1*. 2008, 12 Ocak 2009, <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik480c1.pdf>.
- Anonim12. 2009. *Sunflower Oil*. Retrieved April 19, 2009, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Sunflower\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Sunflower_oil).
- Anonim13. 2009. *Olive Oil*. Retrieved April 19, 2009, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Olive\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Olive_oil).
- Anonim14. 2009. *SPME Volatiles, Viscosity and Degradation Measurements of Cottonseed Oil, Sunflower Oil, and 20 and 40% Palm Olein Oil Blends with Sunflower Oil During Frying of Potato Slices*. Retrieved April 20, 2009, from [http://ift.confex.com/ift/2000/techprogram/paper\\_3600.htm](http://ift.confex.com/ift/2000/techprogram/paper_3600.htm)
- Arenson S.W. ve Heyl E.G., 1943. A Comparative Study of the Influence of Various Liquid and Solid Vegetable Shortenings Upon Doughnut Physical Characteristics. *Oil and Soap*, 20: 149-151.
- Arroyo R., Sánchez-Muniz F.J., Cuesta C., Burguillo F.J. ve Sánchez-Montero J.M., 1996. Hydrolysis of Used Frying Palm Olein and Sunflower Oil Catalyzed by Porcine Pancreatic Lipase. *Lipids*, 31(11): 1133-1139.

- Artz W.E., Osidacz P.C. ve Coscione A.R., 2005a. Acceleration of the Thermooxidation of Oil by Heme Iron *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82: 579-584.
- Artz W.E., Osidacz P.C. ve Coscione A.R., 2005b. Iron Accumulation in Oil During the Deep-Fat Frying of Meat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82: 249-254.
- Ayvaz Z., 2004. 21. Yüzyılın Hammaddesi: Zeolit. 10 Ekim 2008, <http://www.ekolojimagazin.com/?s=magazin&id=172>.
- Bheemreddy R.M., Chinnan M.S., Pannu K.S. ve Reynolds A.E., 2002. Active Treatment of Frying Oil for Enhanced Fry-Life. *Journal of Food Science*, 67(4): 1478-1484.
- Blumenthal M.M., 1988. Rapid Test for the Determination of Frying Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65: 482 p.
- Blumenthal M.M., 1991. A New Look at the Chemistry and Physics of Deep-Fat Frying. *Food Technology*, 45(2): 68-71, 94.
- Blumenthal M.M. ve Stier R.F., 1991. Optimization of Deep-Fat Frying Operations. *Trends in Food Science & Technology*, 2: 144-148.
- Boki K., Shinoda S. ve Ohno S., 1989. Effects of Filtering Through Bleaching Media on Decrease of Peroxide Value of Autoxidized Soybean Fat. *Journal of Food Science*, 54: 1601-1603.
- Brooks D.D., 1991. Some Perspectives on Deep-Fat Frying. *Inform*, 2: 1091-1095.
- Boskou D., 1988. Stability of Frying Oils. In: Varela G., Bender A.E. ve Morton I.D, Eds. *Frying of Food: Principles, Changes, New Approaches*. New York: VCH Publishers. 174-182.
- Bozdoğan D., 2002. *Hatay'da Üretilen Natürel Zeytinyağlarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
- Chatzilazarou A., Gortzi O., Lalas S., Zoidis E. ve Tsaknis J., 2006. Physicochemical Changes of Olive Oil and Selected Vegetable Oils During Frying. *Journal of Food Lipids*, 13: 27-35.
- Choe E. ve Lee J., 1998. Thermooxidative Stability of Soybean Oil, Beef Tallow, and Palm Oil During Frying of Steamed Noodles. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 30: 288-292.
- Choe E. ve Min D.B. 2005. Chemistry and Reactions of Reactive Oxygen Species in Foods. *Journal of Food Science*, 70: R142-59.

- Choe E. ve Min D.B., 2007. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. *Journal of Food Science*, 72(5): 77-84.
- Chung J., Lee J. ve Choe E., 2004. Oxidative Stability of Soybean and Sesame Oil Mixture During Frying of Flour Dough. *Journal of Food Science*, 69: 574-578.
- Clark W.L. ve Serbia G.W., 1991. Safety Aspects of Frying Fats and Oils. *Food Technology*, 45: 84-89, 94.
- Croon L.B, Logstad A., Leth T. ve Kiutamo T., 1986. A Comparative Study of Analytical Methods for Quality Evaluation of Frying Fat. *Fette Seifen Anstrichm.*, 88: 87-91.
- Cuesta C., Sanchez-Muniz F.J., Garrido-Polonio C., Lopez-Varela S. ve Arroyo R., 1993. Thermooxidative and Hydrolytic Changes in Sunflower Oil Used in Frying with a Fast Turnover of Fresh Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70: 1069-1073.
- Çanakçı M., 2008. Kullanılmış Kızartmalık Yağlar ve Dünyadaki Uygulamalar. *AYARGEBA, Atık Bitkisel Yağların İnsan Sağlığı ve Çevreye Etkileri, Biyodizelin Önemi*, İstanbul-10 Ocak 2008.
- Dana D., Blumenthal M.M. ve Saguy I.S., 2003. The Protective Role of Water Injection on Oil Quality in Deep-Fat Frying Conditions. *European Food Research and Technology*, 217: 104-109.
- Dobarganes C., Marquez-Ruiz G. ve Velasco J., 2000. Interactions Between Fat and Food During Deep-Frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102: 521-528.
- Dubois D.K., 1979. Cake Doughnuts. II. Mix Preparation, Scaling, Mixing, and Frying. *American Institute of Baking Technical Bulletin*, 1(7): 1-5.
- Farag R.S. ve Al-Anany A.M., 2006. Improving the Quality of Fried Oils by Using Different Filter Aids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 2228-2240.
- Fedeli E., 1988. The Behaviour of Olive Oil During Cooking and Frying. In: Varela G., Bender A.E. ve Morton I.D., Eds. *Frying of Food: Principles, Changes, New approaches*. NewYork: VCH Publishers. 52-81.
- Frankel E.N., Smith L.M., Hamblin C.L., Creveling R.K. ve Clifford A.J., 1984. Occurrence of Cyclic Fatty Acid Monomers in Frying Oils Used for Fast Foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61: 87-90.

- Frankel E.N., Warner K. ve Moulton K.J., 1985. Effects of Hydrogenation and Additives on Cooking-oil Performance of Soybean. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 62: 1354-1358.
- Frega N., Mozzon M. ve Lecker G., 1999. Effects of Free Fatty Acids on Oxidative Stability of Vegetable oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76: 325-329.
- Fritsch C.W., 1981. Measurements of Frying Fat Deterioration: A Brief Review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58: 272-274.
- Gil B., 1993. *Correlation of Interfacial Tension with Frying Fat Usage and Absorption by Cake Donuts*, (PhD Thesis), Drexel University, Philadelphia, PA, United States. 6-20, 22-24.
- Gordon M.H. ve Kourimski L., 1995. The Effects of Antioxidants on Changes in Oils During Heating and Deep Frying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68: 347-353.
- Guillaumin R., 1988. Kinetics of Fat Penetration in Food. In: Varela ve ark., Eds. *Frying of Food*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England: 82-92.
- Gutiérrez R., Quijano G. ve Dobarganes M.C., 1988. Analytical Procedures for the Evaluation of Used Frying Fats. In: Varela ve ark., Eds. *Frying of Food*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England: 141-154.
- Handel A.P. ve Guerrieri S.A., 1990. Evaluation of Heated Frying Oils Containing Added Fatty Acids. *Journal of Food Science*, 55: 1471-1420.
- Hiatt R., Mill T., Irwin K.C., Mayo T.R., Gould C.W. ve Castleman J.K., 1968. Homolytic Decomposition of Hydroperoxides. *The Journal of Organic Chemistry*, 33: 1416-1441.
- Houhoula D.P., Oreopoulou V. ve Tzia C., 2003. The Effect of Process Time and Temperature on the Accumulation of Polar Compounds in Cottonseed Oil During Deep-Fat Frying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 314-319.
- Hunter J.E. ve Applewhite J.H., 1993. Correction of Dietary Fat Availability Estimates for Wastage of Food Service Deep-Frying Fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70: 613-617.
- Hussain S.S. ve Morton I.D., 1974. Characteristics of Oil Absorbed by Fried Products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25: 1042-1043.
- Jacobson G.A., 1991. Quality Control in Deep-Fat Frying Operations. *Food Technology*, 45(2): 72-74.



- Kayahan M., 2002. *Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri*. Ankara–2002. 227-246.
- Kim C.J., Kim I.W. ve Shin H.K., 1988. Effects of Compositated Powder Treatment on the Increase of the Useful Life-Time of Frying Fat. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 20(5): 637-643.
- Kochhar S.P. ve Gertz C., 2004. New Theoretical and Practical Aspects of the Frying Process. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106: 722-727.
- Lamberg I., Hallstrom B. ve Olsson H., 1990. Fat Uptake in a Potato Drying/Frying Process. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 23(4): 295-300.
- Landers R.E. ve Rathmann D.M., 1981. Vegetable-Oils—Effects of Processing, Storage and Use on Nutritional Values. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58: 255-259.
- Lantz C.W. ve Carlin G.T., 1938. Stability of Fats Used for Deep Fat Frying. *Oil and Soap*, 15: 38-41.
- Lascaray L., 1949. Mechanism of Fat Splitting. *Industrial and Engineering Chemistry*, 41: 786-790.
- Lawson H., 1995. Deep Fat Frying, Chap. 7. In: *Food Oils and Fats*. New York: Chapman & Hall. 66-115.
- Lin S., Akoh C.C. ve Reynolds A.E., 1999. Determination of Optimal Conditions for Selected Adsorbent Combinations to Recover Used Frying Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(6): 739-744.
- Mamat H., Aini I.N., Said M. ve Jamaludin R., 2005. Physicochemical Characteristics of Palm Oil and Sunflower Oil Blends Fractionated at Different Temperatures. *Food Chemistry*, 91: 731-736.
- Mancini-Filho J., Smith L.M, Creveling R.K. ve Al-Shaikh H.F., 1986. Effects of Selected Chemical Treatments on Quality of Fats Used for Deep Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63: 1452-1456.
- Maskan M. ve Bağcı H.İ., 2003. The Recovery of Used Sunflower Seed Oil Utilized in Repeated Deep-Fat Frying Process. *European Food Research and Technology*, 218(1): 26-31.
- Mazza G. ve Qi H., 1992. Effect of After-Cooking Darkening Inhibitors on Stability of Frying Oil and Quality of French Fries. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69: 847-853.

- May W.A., Peterson R.J. ve Chang S.S., 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.
- McGee M., 1993. Commercial Outlets Use 42% of U.S. oil. *Inform*, 4: 596.
- McNeill J., Kakuda Y. ve Kamel B., 1986. Improving the Quality of Used Frying Oils by Treatment with Activated Carbon and Silica. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63: 1564-1567.
- Min D.B. ve Boff J.M., 2002. Lipid Oxidation of Edible Oil. In: Akoh C.C. ve Min D.B., Eds. *Food Lipids* (2nd ed). New York: Marcel Dekker Inc. 344 p.
- Minitab. 2000. *Minitab Statistical Software*, Release 14.1, USA.
- Mittal G.S. ve Paul S., 1996. Dynamics of Fat/Oil Degradation During Frying Based on Optical Properties. *Journal of Food Engineering*, 30: 389-403.
- Moreira R.G., Castell-Perez M.E. ve Barrufet M.A., 1999. Frying Oil Characteristics. In: *Deep-Fat Frying; Fundamentals and Applications*. Gaithersburg, Md.: Chapman & Hall Food Science Book. 33-74.
- Morrison W.H., Robertson J.A. ve Burdick D., 1973. Effect of Deep-Fat Frying on Sunflower Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 50: 440-442
- Morton I.D. ve Chidley J.E., 1988. Methods and Equipment in Frying. In: Varela ve ark., Eds. *Frying of Food*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England. 37-51.
- Mounts T.L., Warner K., List G.R., Neff W.E. ve Wilson R.F., 1994. Low-Linolenic Acid Soybean Oils—Alternatives to Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77: 223-229.
- MSTAT-C., 1980. MStat User's Guides Statistics (Version 5th ed.) Michigan State University. Michigan, USA.
- Nas S., Gökalp H.Y. ve Ünsal M., 2001. *Bitkisel Yağ Teknolojisi*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: 005, Denizli. 21, 291, 302, 303 s.
- Nawar W.W., 1969. Thermal Degradation of Lipids. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 17: 18-21.
- Nawar W.W., 1984. Chemical Changes in Lipids Produced by Thermal Processing. *Journal of Chemical Education*, 61: 299-302.
- Nawar W.W., 1985a. Chemistry of Thermal Oxidation. In: Min D.B. ve Smouse T.H., Eds. *Flavor Chemistry of Fats and Oils*. Champaign, Ill.: American Oil Chemists Society. 39-60.

- Nawar W.W., 1985b. *Lipids*. in "Food Chemistry". Marcel Dekker, New York, NY. 176-189.
- Naz S., Siddiqi R., Sheikh H. ve Sayeed S.A., 2005. Deterioration of Olive, Corn, and Soybean Oils Due to Air, Light, Heat, and Deep-Frying. *Food Research International*, 38: 127-134.
- Nhil S., 2008. *Testing Cooking Oil Freshness*. *Food Magazine*. Retrieved January 9, 2008, from <http://www.foodmag.com.au/Article/Testing-cooking-oil-freshness/139016.aspx>.
- Pagliarini E. ve Rastelli C., 1994. Sensory and Instrumental Assessment of Olive Oil Appearance, *Grasas Y Aceites*, 45: 1-2.
- Paul S. ve Mittal G.S., 1997. Regulating the Use of Degraded Oil/Fat in Deep-Fat/Oil Food Frying. *Critical Rev. in Food Sci. and Nutr.*, 37(7): 635-662.
- Peers K.E. ve Swoboda P.A.T., 1982. Deterioration of Sunflower Seed Oil Under Simulated Frying Conditions and During Small-Scale Frying of Potato Chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33: 389-395.
- Phogat S.S., Mittal G.S. ve Kakuda Y., 2006. Comparative Evaluation of Regenerative Capacity of Different Adsorbents and Filters for Degraded Frying Oil. *Food Science and Technology International*, 12: 145-157.
- Plummer C., (Aralık 2002). *French Fries Driving Globalization of Frozen Potato Industry*. Retrieved November 23, 2008, from [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_hb6641/is\\_2\\_18/ai\\_n28965693](http://findarticles.com/p/articles/mi_hb6641/is_2_18/ai_n28965693).
- Pokorny J., 1989. Flavor Chemistry of Deep Fat Frying in Oil. In: Min D.B. ve Smouse T.H., Eds. *Flavor Chemistry of Lipid Foods*. Champaign, Ill.: American Oil Chemists' Society. 113–115.
- Prevot A., Desbordes S., Morin O. ve Mordret F., 1988. Volatiles and Sensory Effects from Frying Oils. In: Varela G., Bender A.E. ve Morton I.D., Eds. *Frying of Food: Principles, Changes, New Approaches*. Chichester, UK: Ellis Horwood Ltd. 155-165.
- Pylar E.J., 1972. General Aspects of Doughnut Production. *Baker's Digest* 46(6): 40-44.
- Reynolds A.E., Bheemreddy R.M., Pannu K.S. ve Chinnan M.S., 2002. Active Treatment of Frying Oil for Enhanced Fry-Life. *Journal of Food Science*, 67: 1478-1484.
- Robertson C.J., 1967. The Practice of Deep-Fat Frying. *Food Technology*, 21: 34-36.

- Romero A., Cuesta C. ve Sanchez-Muniz F.J., 1998. Effect of Oil Replenishment During Deep-Fat Frying of Frozen Foods in Sunflower Oil and High-Oleic Acid Sunflower Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75: 161-167.
- Rossell J.B., 2001. *Frying - Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited. 1,20-21, 28-34, 49, 52, 72-73.
- Salvador M.D., Aranda F. ve Fregapane G., 1998. Chemical Composition of Commercial Cornicabra Virgin Olive Oil From 1995/96 and 1996/97 Crops. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 10: 1305-1318.
- Sanchez-Gimeno A.C., Negueruela A.I., Benito M., Vercet A. ve Oria R., 2008. Some Physical Changes in Bajo Aragon Extra Virgin Olive Oil During the Frying Process. *Food Chemistry*, 110: 654-658.
- Sanchez-Muniz F.J., Cuesta C., Lopez-Varela M.C., Garrido-Polonio M.C. ve Arroyo R. 1993a. Evaluation of the Thermal Oxidation Rate of Sunflower Oil Using Various Frying Methods. In: Applewhite T.H., Ed. *Proceedings of World Conference on Oilseed and Technology and Utilization*. Champaign, Ill.: American Oil Chemists' Society. 448-452.
- Sanchez-Muniz F.J., Cuesta C. ve Garrido-Polonio C., 1993b. Sunflower Oil Used for Frying: Combination of Column, Gas and High-Performance Size-Exclusion Chromatography for Its Evaluation. *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 70: 235-240
- Schroeder M.T., Becker E.M. ve Skibsted L.H., 2006. Molecular Mechanism of Antioxidant Synergism of Tocotrienols and Carotenoids in Palm Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 3445-3453.
- Shiota M., Konishi H. ve Tatsumi K., 1999. Oxidative Stability of Fish Oil Blended with Butter. *Journal of Dairy Science*, 82: 1877-1881.
- Singhal R.S., Bhattacharya A.B., Sajilata M.G. ve Tiwari R.S., 2008. Regeneration of Thermally Polymerized Frying Oils with Adsorbents. *Food Chemistry*, 110: 562-570.
- Smith L.M., Clifford A.J., Creveling R.K. ve Hamblin C.L., 1985. Lipid Content and Fatty Acids Profiles of Various Deep Fried Foods. *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 62: 992-996.
- SAS, 2005. *The SAS System for Windows*, Release 9.1.3, TS1M3. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

- Stevenson S.G., Vaisey-Genser M. ve Eskin N.A.M., 1984. Quality Control in the Use of Deep Frying Oils. *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 61: 1102-1108.
- Subramanian R., Nandini K.E., Sheila P.M., Gopalakrishna A.G., Raghavarao K.S.M.S., Nakajima M., Kimura T. ve Maekawa T., 2000. Membrane Processing of Used Frying Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(3): 323 p.
- Takeoka G.R., Full G.H. ve Dao L.T., 1997. Effect of Heating on the Characteristics and Chemical Composition of Selected Frying Oil and Fat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3244-3249.
- TGK, 2007. Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği. Tebliğ No:2007/41. Resmi Gazete sayı: 26627, Ankara.
- Tompkins C. ve Perkins E.G., 2000. Frying Performance of Low-Linolenic Acid Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77: 223-229.
- Toschi T.G., Costa A. ve Lercker G., 1997. Gas Chromatographic Study on High-Temperature Thermal Degradation Products of Methyl Linoleate Hydroperoxides. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74: 387-391.
- Tseng Y-C., Moreira RG. ve Sun X., 1996. Total Frying—Use Time Effects on Soybean Oil Deterioration and on Tortilla Chip Quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 31: 287-294.
- Tyagi V.K. ve Vasishtha A.K., 1996. Changes in the Characteristics and Composition of Oils During Deep-Fat Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73: 499-506.
- Valdés A. F. ve García A. B., 2006. A Study of the Evolution of the Physicochemical and Structural Characteristics of Olive and Sunflower Oils After Heating at Frying Temperatures. *Food Chemistry*, 98: 214-219.
- Varela G., 1977. Heated Fats: A Contribution to the Study of the Food Frying Process. *Nutr. Dieta*, 25: 112-121.
- Warner K. and Knowlton S., 1997. Frying Quality and Oxidative Stability of High-Oleic Corn Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74: 1317-1322.
- Warner K. ve Mounts T.L., 1993. Frying Stability of Soybean and Canola Oils with Modified Fatty Acid Compositions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70: 983-988.
- Wu C-M. ve Chen S-Y., 1992. Volatile Compounds in Oils After Deep Frying or Stir Frying and Subsequent Storage. *Journal of the American Oil Chemists's Society*, 69: 858-865.

- Wu Pei-fen ve Nawar W.W., 1986. A Technique for Monitoring the Quality of Used Frying Oils. *Journal of the American Oil Chemists's Society*, 63: 1363-1367.
- Xu X-Q., Tran V.H., Palmer M., White K. ve Salisbury P., 1999. Chemical and Physical Analyses and Sensory Evaluation of Six Deep-Frying Oils. *Journal of the American Oil Chemists's Society*, 76: 1091-1099.
- Yates R.A. ve Caldwell J.D., 1992. Adsorptive Capacity of Active Filter Aids for Used Cooking Fat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69: 894-897.
- Yoon S.H., Jung M.Y. ve Min D.B., 1988. Effects of Thermally Oxidized Triglycerides on the Oxidative Stability of Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65(10): 1652-1656.
- Zhang W.B. ve Addis P.B., 1992. Evaluation of Frying Fat Filtration Systems. *Journal of Food Science*, 57: 651-654.
- Yilmaz E. 2004. An Oil Dilution Technique Used in Small-Scale Frying to Reduce Oil Expenditure. *International Journal of Food Science and Technology*, 39: 245-251.

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1 ; Dünyadaki bitkisel yağların tüketim miktarları.....	2
Çizelge 2 ; Kızartma yağlarına ait genel özellikler.....	15
Çizelge 3 ; Kimyasal ve fiziksel değişimlere dayanan analitik indiler.....	17
Çizelge 4 ; Taze kızartma yağlarına ait düzenlemeler.....	22
Çizelge 5 ; Kullanılmış kızartma yağlarına ait düzenlemeler.....	23
Çizelge 6 ; Taze ayçiçeği yağının kızartılmasından sonra elde edilen ölçümler.....	24
Çizelge 7 ; Kızartma çalışmasında kullanılan hamurun bileşimi.....	33
Çizelge 8 ; Adsorban materyallerinin kullanılmış kızartma yağının fiziksel..... özellikleri üzerine olan etkenliklerinin karşılaştırılması	40
Çizelge 9 ; Adsorban materyallerinin kullanılmış kızartma yağının aletsel renk ..... özellikleri üzerine olan etkenliklerinin karşılaştırılması	41
Çizelge 10 ; Adsorban materyallerinin kullanılmış kızartma yağının kimyasal..... özellikleri üzerine olan etkenliklerinin karşılaştırılması	41
Çizelge 11 ; Farklı oranlarda adsorban karışımıyla muamele edilen örneklere ait..... fiziksel özellikler	43
Çizelge 12 ; Farklı oranlarda adsorban karışımıyla muamele edilen örneklere aitt..... aletsel renk özellikleri	43
Çizelge 13 ; Farklı oranlarda adsorban karışımıyla muamele edilen örneklere ait..... kimyasal özellikler	44
Çizelge 14 ; Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş”..... kızartmalarına ait fiziksel analiz sonuçları	46
Çizelge 15 ; Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş”..... kızartmalarına ait aletsel renk sonuçları	46
Çizelge 16 ; Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş”..... kızartmalarına ait kimyasal analiz sonuçları	47
Çizelge 17 ; Ayçiçeği yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş”..... kızartmalarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı	47
Çizelge 18 ; Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş”..... kızartmalarına ait fiziksel analiz sonuçları	50
Çizelge 19 ; Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş”..... kızartmalarına ait renk analizi sonuçları	50

Çizelge 20 ; Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş”.....51	kızartmalarına ait kimyasal analiz sonuçları
Çizelge 21 ; Rafine pirina yağının “kontrol” ve “adsorbanla muamele edilmiş” .....51	kızartmalarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı
Çizelge 22 ; Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait fiziksel.....55	analiz sonuçları
Çizelge 23 ; Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait renk analizi...56	sonuçları
Çizelge 24 ; Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait kimyasal.....57	analiz sonuçları
Çizelge 25 ; Ayçiçeği ve rafine pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait hamurların...58	absorbe ettiği yağ miktarı
Çizelge 26 ; Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına....60	ait fiziksel analiz sonuçları
Çizelge 27 ; Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına....61	ait renk analizi sonuçları
Çizelge 28 ; Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına....62	ait kimyasal analiz sonuçları
Çizelge 29 ; Ayçiçeği ve pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına....63	ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı
Çizelge 30 ; Ayçiçeği yağının “kontrol” kızartmalarına ait analiz sonuçlarının.....65	korelasyonu
Çizelge 31 ; Ayçiçeği yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait analiz...66	sonuçlarının korelasyonu
Çizelge 32 ; Pirina yağının “kontrol” kızartmalarına ait analiz sonuçlarının.....68	korelasyonu
Çizelge 33 ; Pirina yağının “adsorbanla muamele edilmiş” kızartmalarına ait analiz.....69	sonuçlarının korelasyonu



## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1 ; Dünyadaki bitkisel yağların tüketim oranları (2007 yılı).....	3
Şekil 2 ; ABD’de soya yağının tüketim şekli (2007 yılı).....	4
Şekil 3 ; Derin-yağda kızartma işleminde yağda görülen fiziksel ve kimyasal değişmeler...8	
Şekil 4 ; Kızartma işlemi sırasında oluşan değişiklikler.....	9
Şekil 5 ; Kızartma sayısı ile beraber artan toplam polar madde yüzdesi.....	21

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erdim BULUT  
Doğum Yeri : Fatih / İSTANBUL  
Doğum Tarihi : 24.08.1984

### EĞİTİM DURUMU

2003-2007 : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik-  
Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü  
Lisans Öğrencisi  
2007- : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri  
Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

### İŞ DENEYİMİ

2007-2008 MURAT YEMEK FABRİKASI Sorumlu Yöneticilik  
2008 ÖZLEM KAĞITÇILIK Sorumlu Yöneticilik

### İLETİŞİM BİLGİLERİ

erdimbulut@hotmail.com