

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

BAZI DOĞAL ANTİOKSİDANLARIN
YERFISTIĞI YAĞININ KIZARTMA
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Buket AYDENİZ

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 09/01/2012

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Emin YILMAZ

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

BUKET AYDENİZ tarafından **DOÇ. DR. EMİN YILMAZ** yönetiminde hazırlanan “**BAZI DOĞAL ANTIOKSİDANLARIN YERFISTIĞI YAĞININ KIZARTMA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Emin YILMAZ

Danışman

Prof. Dr. Cengiz CANER

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Çetin KANTAR

Jüri Üyesi

Sıra No:

Tez Savunma Tarihi: 09/01/2012

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi tarafından BAP 2010/153 no’lu projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Buket AYDENİZ

TEŞEKKÜR

Öncelikle tezin yönetiminde ve oluşumunda, aynı zamanda çalışmalarım sırasında karşılaştığım sorunların çözümünde desteğini esirgemeyen, tüm bu süreçte gerek teorik gerekse pratik anlamda bilimsel katkıda bulunarak özgüven ve özgün düşünme yeteneğini şahsıma kazandıran değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Emin YILMAZ'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım;

Öğrenimim boyunca sayesinde değerli bilgiler edindiğim bölüm başkanım Sayın Prof. Dr. Cengiz CANER'e;

Çalışmam boyunca bilgi, tecrübe ve önerilerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen, dostça eleştiren ve teşvik eden değerli bölüm hocalarıma,

Bu zorlu araştırma sürecinde desteklerini ve sabırlarını her daim hissettiren sevgili çalışma arkadaşlarım araştırma görevlileri Neşe YILMAZ, Onur GÜNEŞER, Mehmet Seçkin ADAY, Gıda Yük. Müh. Alper DÜLGER ve Soner YİĞİT'e;

Yüksek lisans tezimi 153 nolu proje kapsamında finanse eden Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na;

Araştırma kapsamında kullanılan rafine yerfıstığı yağını sağladığından ötürü Zade Bitkisel Yemeklik Sıvı Yağ Rafinasyon Sanayi' ne ve işletme müdürü Sn. Mustafa YILDIZ'a, bitkisel ekstraktları sağladığından ötürü DSM Besin Maddeleri Ltd. Şti, Kalekimya Grubu, Oryza Oil and Fat Chemical Company ve Lycored Ltd. Şti' ye,

Bu yola çıkarken bana ilk ışığı tutan, her zaman gerçeğin yanında ve insana saygılı olmayı öğreten, varlıklarını yanımda hissetmekten büyük huzur duyduğum kıymetli ailem Sn. Nazife-Bahtiyar AYDENİZ ve Sn. Şükran- Hüseyin Avni ÖNCEL'e, değerli büyüklerim Bahar-Osman IŞIK 'a ve hayatıma bambaşka bir güzellik katan Kadir Yiğit IŞIK' a minnet ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Buket AYDENİZ

SİMGELER VE KISALTMALAR

- ABD** : Amerika Birleşik Devletleri
- ABTS** : 2,2'-azino-bis(3-etilbenztiyoazolin-6-sülfonik asit
- AMVN** : 2,2-azobis(2,4-dimethylvaleronitrile)
- AOAC** : Amerikan Resmi Analitik Kimyacılar Birliği
- AOCS** : Amerikan Yağ Kimyacıları Derneği
- A.Ş.** : Anonim Şirketi
- BHA** : Bütillenmiş Hidroksianizol
- BHT** : Bütillenmiş Hidroksitoluen
- C** : Karbon
- Ca** : Kalsiyum
- CAC** : Kodeks Alimentarius Komisyonu
- Cr** : Krom
- Cu** : Bakır
- DHA** : Dokosaheksaenoik Asit
- EC** : Epikateşin
- ECG** : Epikateşin Gallat
- EGC** : Epigallokateşin
- EGCG** : Epigallokateşingallat
- EPA** : Eikosapentanoik Asit
- F** : Fosfor
- FAO** : Gıda ve Tarım Örgütü

FDA : Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi

Fe : Demir

FOS : Food Oil Sensor

g : Gram

GA : Gallik asit

GC-MS : Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi

GRAS : Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen

H : Hidrojen

HCl : Hidroklorik Asit

HDL : Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

KD : Konjuge Dien

L : Litre

LDL : Düşük Yoğunluklu Lipoprotein

M : Molarite

m : Metre

mg : Miligram

Mg : Magnezyum

ml : Mililitre

mMol : Milimol

Mn : Mangan

µg : Mikrogram

µm : Mikrometre

N : Normalite

NTU : Nefelometrik Türbidite Birimi

O : Oksijen

PG : Propil gallat

ppm : Milyonda Bir Birim

ppb : Milyarda Bir Birim

SYA : Serbest Yağ Asidi

TBA : Tiyobarbütirik asit

TBHQ : Tersiyer Bütil Hidrokinon

TE : Trolox Eşdeğeri

TEAC : Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasite

TGK : Türk Gıda Kodeksi

TGKY : Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği

TPM : Toplam Polar Madde

USDA : ABD Tarım Bakanlığı

WHO : Dünya Sağlık Örgütü

Zn : Çinko

ÖZET

BAZI DOĞAL ANTIOKSİDANLARIN YERFISTIĞI YAĞININ KIZARTMA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Buket AYDENİZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Emin YILMAZ

Ocak 2012, 102 sayfa

Bu araştırmada taze çay yaprağı, üzüm çekirdeği ve domatesten elde edilen fenolik ekstraktlar ile pirinç kepeğinden ekstrakte edilen saf γ -oryzanol rafine yerfistiği yağına antioksidan katkı olarak uygulanmış ve gerçek kızartma koşullarındaki (180°C, 7 gün, 5h/gün) etkinliği araştırılmıştır. Bu bitkisel kaynaklar, bütillendirilmiş hidroksi anisol (BHA) ve bütillendirilmiş hidroksi toluen (BHT) gibi yaygın sentetik antioksidanlar ile karşılaştırılmıştır. Böylece bu ekstraktların termal oksidasyonu önleme potansiyelleri ve kızartma yağlarında kullanım olanakları ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca kızartılan hamurların duyuşal özellikleri de ölçülerek tüketime uygunlukları belirlenmiştir.

Genel olarak, yararlanılan tüm doğal antioksidanların yağın kullanım ömrünü önemli derecede artırdığı ve yağ stabilitesini yükselttiği tespit edilmiştir. Ayrıca hamurlarda kontrole göre herhangi bir duyuşal farklılık da bulunamamıştır.

Tüm deneme gruplarında yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların aralıkları şöyledir; toplam polar madde-kromatografi (% 10,72-73,80), toplam polar madde – prob (% 14,52-88,50), serbest asitlik (% 0,090-2,903), dumanlanma noktası (233,50-168,35 °C), konjuge dieonik asit (% 0,01-0,40), L değeri (52,68-41,42), a* değeri (3,41-5,26), b* değeri (-5,30-10,46), bulanıklık (0,70-10,40 NTU), viskozite (69,57-442,00 cP), toplam

fenolik içeriği (0,36-4,20 mg GA/100g yağ), antioksidan kapasite (0,53-11,00 mmol Trolox/100g yağ) ve hamurların adsorbe ettiği yağ miktarı (% 3,62-14,22) olarak ölçülmüştür. Kızartmanın son günündeki yağ örneklerinde analiz edilen yağ asiti ve sterol kompozisyonları incelendiğinde, doğal antioksidanlar ile katkılamanın doymamış yağ asitleri oksidasyonunun engellenmesi ve linoleik asite kıyasla özellikle oleik asitin stabilitesinin sağlanmasında etkin rol oynadığı, özellikle yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış deneme grubunun yaygın steroller bakımından daha zengin bir içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, yerfıstığı yağının termal stabilitesi üzerine likopen ve yeşilçay ekstraktlarının olumlu sonuçlar verdiği, fenol içeriği ve antioksidan kapasite bakımından ise γ -oryzanol'un başarı sağladığı tespit edilmiştir. Buna göre doğal antioksidanların hem yağın bozulmasının engellenmesi hem de kızartılan gıdanın kalite özelliklerinin iyileştirilmesi üzerinde pozitif etkilere sahip oldukları saptanmıştır. Gıda güvenliği açısından sorun taşımayan, üründe duyusal açıdan avantajlar bile oluşturan doğal antioksidan ekstraktlarının kızartma yağlarında da güvenle kullanılabileceği önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin-yağda kızartma, taze çay yaprağı, üzüm çekirdeği, domates, γ -oryzanol, ekstrakt, oksidasyon, antioksidan kapasite.

ABSTRACT

EFFECTS OF SOME NATURAL ANTIOXIDANTS ON FRYING QUALITY OF THE PEANUT OIL

Buket AYDENİZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair of Food Engineering Division

Thesis of Master of Science

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Emin YILMAZ

2012, 102 pages

In this research, the phenolic extracts of fresh tea leaves, grape seeds, tomatoes and pure γ -oryzanol were enriched into peanut oil as antioxidant additives and frying were carried out (180 °C, 7 d, 5 h/d). The activities of the materials were compared with butylated hydroxy anisol (BHA) and butylated hydroxy toluen (BHT), and the effects on usage life were estimated by analytical techniques. The oxidation prevention activities of the extracts and their compatibility with frying oils were determined. The sensory properties of the dough were measured to estimate their appropriateness to the consumption.

In general, all the tested natural antioxidant extracts led to an increase in the use life and stability of oil significantly. Also, there was no sensory difference between the dough samples.

The ranges of measurements in the treatment groups were; total polar material-chromatography (10,72-73,80%), total polar material-probe (14,52-88,50%), free acidity (0,090-2,903%), smoke point (233,50-168,35°C), conjugated diens (0,01-0,40%), L (52,68-41,42), a* (3,41-5,26), b* values (-5,30-10,46), turbidity (0,70-10,40 NTU), viscosity (69,57-442,00 cP), total phenolics (0,36-4,20 mg GA/100g oil), antioxidant capacity (0,53-11,00 mmol Trolox/100g oil) and the oil absorbed by dough (3,62-14,22%).

The fatty acid and sterol composition of seventh day oil samples showed that the additions can prevent the oxidative degradation of unsaturated fatty acids, especially oleic acid. Frying oil enriched with green tea extracts had higher sterol levels than that of other frying oils.

In conclusion, it was found that thermal stability of groundnut oil during frying was enhanced by the lycopene and green tea extracts, and the nutritional value at the end of frying process were better with the γ -oryzanol added sample. Accordingly, it was determined that natural antioxidants were both preventing the oxidative deterioration of the frying oil and developing better sensory properties in the fried food. Hence, it was recommended that, natural antioxidant extract can easily be enriched into the frying oils without any safety problem and even with better sensory quality in the products.

Keywords: Deep-fat frying, fresh tea leaf, grape seed, tomato, γ -oryzanol, extract, oxidation, antioxidant capacity.

İÇERİK	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
BÖLÜM 1-GİRİŞ	1
1.1. Bitkisel ve Kızartmalıık Yağlara Ait İstatistiksel Veriler	2
1.2. Kızartma İşleminin Fiziki ve Kimyası	3
1.3. Kızartma Sırasında Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişimler	5
1.3.1. Kızartılan Üründe Meydana Gelen Değişimler.....	5
1.3.2. Kızartma Yağında Meydana Gelen Değişimler	6
1.3.2.1. Yağın Hidrolizi.....	10
1.3.2.2. Yağın Oksidasyonu.....	11
1.3.2.3. Yağın Polimerizasyonu.....	11
1.4. Derin Yağda Kızartma Sırasında Yağın Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	12
1.4.1. Uygun Kızartma Yağının Seçimi	13
1.4.2. Taze Yağ ile Yenileme	13
1.4.3. Kızartma Süresi ve Sıcaklığı.....	13
1.4.4. Kızartma Yağı Kalitesinin Değerlendirilmesi.....	14
1.4.5. Gıdanın Bileşimi.....	15
1.4.6. Kızartıcı Tipi	15
1.4.7. Antioksidanlar	16
1.4.7.1. Sinerjistik Antioksidan Karışımları.....	17

1.5. Kızartılan Gıdaların Yağ Absorpsiyonu.....	18
1.6. Kızartma Yağlarının Ömrü	18
1.7. Yerfıstığı Yağı.....	19
1.8. Kızartma Yağlarıyla İlgili Yasal Düzenlemeler	21
1.9. Kızartma Yağlarında Kullanılan Doğal ve Sentetik Antioksidanlar.....	23
1.9.1. Yeşilçay.....	24
1.9.2. Likopen	25
1.9.3. Üzüm Çekirdeği	25
1.9.4. Saflaştırılmış γ - Oryzanol	26
1.9.5. Sentetik Antioksidanlar.....	26
1.9.5.1. Bütillenmiş Hidroksianisol (BHA).....	26
1.9.5.2. Bütillenmiş Hidroksitoluen (BHT).....	27
1.10. Kızartma Yağlarının ve Kızartılmış Gıdaların Duyusal Değerlendirilmesi	28
BÖLÜM 2-ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	30
2.1. Yeşilçay Ekstraktı.....	31
2.2. Likopen Ekstraktı.....	32
2.3. Üzüm Çekirdeği Ekstraktı	32
2.4. Saflaştırılmış γ- Oryzanol ekstraktı	33
BÖLÜM 3-MATERYAL VE YÖNTEM	35
3.1. Materyaller	35
3.2. Yöntemler	36
3.2.1. Bitkisel Ekstraktların Hazırlanması.....	36
3.2.1.1. Yeşilçay Ekstraktının Hazırlanması	36

3.2.1.2. Saflaştırılmış γ -Oryzanol Ekstraktının Hazırlanması	36
3.2.1.3. Üzüm çekirdeği ve Likopen Ekstraktlarının Hazırlanması.....	36
3.2.1.4. Sentetik Antioksidantların Hazırlanması	37
3.2.2. Sentetik ve Doğal Antioksidanlarla Kızartma Yağının Katkılanması.....	37
3.3. Kızartma İşlemi	38
3.4. Fiziksel Özellikler	39
3.4.1. Viskozite Değeri.....	39
3.4.2. Türbidite (Bulanıklık) Değeri.....	39
3.4.3. Dumanlanma Noktası	39
3.4.4. Renk Değeri	39
3.5. Kimyasal Özellikler	40
3.5.1. Toplam Polar Madde (Kolon Kromatografisi).....	40
3.5.2. Toplam Polar Madde (Food Oil Sensor).....	40
3.5.3. Serbest Yağ Asitliği.....	41
3.5.4. Konjuge Dienoik Asitlerin Spektrofotometrik Tayini.....	41
3.5.5. Toplam Fenolik Madde Ölçümü	42
3.5.6. Antioksidan Kapasite Ölçümü	43
3.6. Enstrümental Analizler	44
3.6.1. Kızartma Yağlarının Yağ Asiti Kompozisyonu Tayini	44
3.6.2. Kızartma Yağlarının Sterol Kompozisyonu Tayini.....	44
3.7. Hamurların Absorbe Ettiği Yağ Miktarı.....	45
3.8. Kızartılmış Hamurların Duyusal Değerlendirmesi.....	46
3.9. İstatistiksel Analizler	46

BÖLÜM 4-ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	48
4.1. Kontrol, Sentetik ve Doğal Antioksidanlarla Katkılanmış Yerfıstığı Yağının Kızartma İşlemlerine Ait Veriler.....	51
4.2. Kızartma Yağlarında Ölçülen Parametrelerin Korelasyonları.....	83
BÖLÜM 5-SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR	94
Çizelgeler	I
Şekiller	IV
Özgeçmiş.....	V

BÖLÜM 1**GİRİŞ**

Modern insanın yaşam tarzında endüstrileşmeyle birlikte görülen dramatik değişim, diyet ve diyet-sağlık ilişkileri konusunda da bazı değişim ve gelişimleri zorlamaktadır. Özellikle hareketsiz yaşam tarzı, aşırı beslenme, sigara tüketimi, stres ve şehir hayatı gibi faktörler diyetteki yağ alımını kısıtlama zorunluluğu ortaya çıkarmaktadır. Diğer yandan her gün omega yağlar gibi bazı ürünlerin daha fazla alınmasını teşvik edici yayınlarla da karşılaşmaktayız. Genel eğilim diyetteki kızartılmış ürünlerin miktarını azaltmak olsa da, bu ürünler kolay hazırlanmaları, lezzetli olmaları, mikrobiyolojik açıdan güvenilir ve gençlere yönelik olmaları nedeniyle tüketim düzeyleri giderek artmaktadır. Dolayısıyla bu ürünlerden kaynaklanabilecek olumsuz sağlık etkilerini en aza indirmek ve/veya olumlu etkilerini maksimize etmek için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Görünür diyet yağlarının önemli bir kısmı bu sektörde harcandığı için kızartma yağlarının raf ömrünü artıracak teknikler de uzun bir zamandan beri araştırma konusu olmaktadır.

Kızartma işlemi çok eski bir gıda hazırlama ve işleme tekniği olmasına rağmen halen popülerliğini ve yaygınlığını korumakta, kızartma teknikleri her geçen gün biraz daha iyileşmekte, endüstriyel olarak da kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle hazır-gıda (fast food) sektörünün belkemiğini kızartılmış ürünler oluşturmaktadır. Kızartma ile gıdanın yağ oranı biraz artmakta ve ayrıca çeşitli aromatik maddeler de oluşmaktadır. Büyük ölçekte üretim yapan üreticiler, sürekli kızartıcıları tercih etmelerine rağmen, tüketici tarafından arzu edilen tekstür ve görünüşe ulaşılmasında kesikli yöntemle yapılan kızartmanında etki sağladığı rapor edilmiştir. Kızartma esnasında absorbe edilen yağ, kızarmış ürüne hoşça giden bir tat ve tekstürel yapı kazandırmaktadır. Evde kızartılmış gıdalar kızartmadan hemen sonra tüketilmesine rağmen, aynı durum endüstriyel kızartma için mümkün değildir (Gupta, 2005).

Yemeklik yağın ısıtılıp pişirme aracı olarak kullanılmasından dolayı kızartma işlemi, gıdaları pişirmede en hızlı ve en basit yöntemlerden birisidir. 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 saklanabilir. Ancak ön kızartma işlemi yapılarak nem oranı düşürülen patates cipsleri, uygun sıcaklıkta tutulmaları halinde 12 aya kadar depolanabilmektedir (Kayahan, 2002).

Derin yağda kızartma oldukça popüler bir gıda hazırlama yöntemidir; burada yararlanılan kızartma yağı sadece ısı-değişim ortamı olarak değil, aynı zamanda kızartılan gıdanın kalitesine katkı sağlayıcı olarak da görev yapmaktadır. Kızartılmış gıdalar Kuzey ve Güney Amerika, Meksika, Avrupa, Hindistan, Çin, Japonya ve Malezya da oldukça yaygındır. Kaplama materyalleri yada çeşitli baharatlarla kaplanarak kızartılmış ürünlerde paketlenerek satışa çıkmış ve oldukça popüler hale gelmiştir. Kızartmanın bu olumlu etkilerine ilaveten, yüksek sıcaklıklarda oluşan lipid oksidasyonu ürünün lezzeti ve kalitesinde istenmeyen etkilere yol açabilmektedir (Shahidi ve Zhong, 2005).

1.1. Bitkisel ve Kızartmalık Yağlara Ait İstatistiksel Veriler

Yemeklik yağların önemli bir yüzdesi kızartmalık olarak tüketilmekte ve kızartılmış gıdalar insan diyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Oldukça eski ve popüler bir gıda işleme şekli olan kızartma ile farklı türlerde çok sayıda hazır gıda, çerez ve yemek üretilmektedir. 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).

Amerikan Tarım Bakanlığı, Şubat 2011 tahminlerine göre 2010 yılında toplam yağlı tohum üretimini dünyada 441 milyon ton, Türkiye de ise 2315 bin tondur. Toplam üretim içinde ilk sırayı, 1150 bin tonluk üretim payı ile pamuk tohumu almakta, onu sırasıyla ayçiçek tohumu, kolza ve soya bitkisi izlemektedir. Aynı kaynağın diğer raporlarına göz atıldığında, 2010 yılındaki toplam bitkisel ham yağ üretiminin dünyada 145 milyon ton olduğu ve palm ile soya yağının yaklaşık oranlarla (47 ve 41 milyon ton) ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir. Tüketim miktarları incelendiğinde 2010 yılı likit yağ üretiminin

Türkiye’de 952 bin ton olduğu ve 766 bin ton ile Ayçiçek yağının ilk sırada yer aldığı, en düşük tüketim düzeyininin 20 bin ton ile pamuk yağına ait olduğu görülmektedir (Anonim1, 2011)

İstatistiklere göre 2010 yılında dünyada bitkisel yağ tüketim miktarı 146,9 milyon tona ulaşmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Dünyadaki bitkisel yağların tüketim miktarları (Anonim2, 2011)

Bitkisel Yağ	Tüketim (milyon ton)
Palm Yağı	48,7
Soya Yağı	42,1
Kolza Tohumu Yağı	23,2
Ayçiçeği Yağı	11,1
Palm Çekirdeği Yağı	5,2
Yerfıstığı Yağı	4,9
Pamuk Çekirdeği Yağı	4,8
Zeytinyağı	3,9

1.2. Kızartma İşleminin Fiziği ve Kimyası

Derin yağda kızartma eş zamanlı olarak gerçekleşen ısı ve kütle transferidir. Yağ ve gıda yüzeyi arasında konveksiyon, gıdanın içerisinde ise kondüksiyon yoluyla ısı transferi gerçekleşmektedir. Kızartma prosesinde et, deniz ürünleri, sebze gibi gıdalar sıcak yağ ile direkt temas ederler. Gıda yüzeyi altın sarısından koyu kahverengiye kadar değişen renkleri alır ve sonuçta hoş giden kızarmış gıda lezzeti açığa çıkar. Kızartma sıcaklığı ve süresi kızartılan gıdanın türüne göre değişebilmektedir. Fritöz içerisinde olan sıcak yağ gıdanın yüzeyini ısıtır ve yüzeyden gıdaya ısı transferi gerçekleşir. Gıdanın içerisindeki nemin su buharı şeklinde yüzeyden uzaklaşmasıyla oluşan boşluklara yağ girmeye başlar (Gupta, 2005; Velasco ve ark., 2009). Absorbe edilen bu yağ, kabuğun gevrekliğini sağlar ve hoş giden yeme kalitesi ve lezzetini verir. Ürün türüne göre absorbe edilen yağ %15-40 arasında değişmektedir (Smith ve ark., 1985; Choe ve Min, 2007). 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. Ürünün yüzeyindeki sıcaklık artışı ile birlikte, esmerleşme ve gevreklik gibi arzu edilen kriterlerde oluşmaya başlamaktadır. Kızarmış gıdanın esmerleşme derecesi şekerler, katkı maddeleri ve kızartma sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Nem içeriği, yağ içeriği, akrilamid içeriği, yoğunluk, porozite, renk ve tekstür kızarmış gıdalar için önemli kalite kriterleridir. Kızartma esnasında ürünün görünümü, boyutu ve şeklinde de birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Yağın kalitesindeki değişiklikler, kızarmış ürünün depolama stabilitesini önemli derecede etkilemektedir. Fritözdeki yağ kalitesinin yıkımı dehidrasyon, esmerleşme derecesi ve ürün kaplanmış ise kaplama materyallerinin kaybından da etkilenebilmektedir (Gupta, 2005; Velasco ve ark., 2009).

Kızartma, esas olarak bir dehidrasyon işlemi olup 3 temel karakteristik içermektedir:

- 1 – Yüksek yağ sıcaklığı (~180°C); hızlı ısı iletimi ve kısa pişme süresi sağlar.
- 2 – Ürün sıcaklığı (kabuk bölgesi hariç); 100°C’yi geçmez.
- 3 – Suda çözünen madde kaybı minimumdur (Stauffer, 1996).

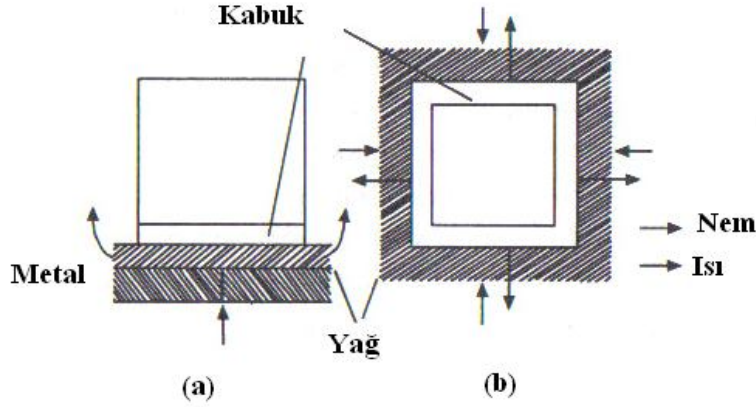
Kızartma yağının sıcaklığı, gıdanın ilavesi ile birlikte azalmaktadır, gıdanın içerisindeki sıcaklıkta yavaşça artmakta ve 100°C civarlarında iç kısımdaki su yüzeye doğru hareket etmektedir. Su kaybı ve yağ alımını etkileyen başlıca parametreler sıcaklık ve zamandır. Sıcaklığın 150°C ve 180°C arasında önemli bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Buna rağmen, genel olarak yüksek sıcaklıklarda yüzeydeki yağ absorpsiyonunun daha düşük seviyede olduğu, bunun aksine yağ absorpsiyonundaki artışın daha düşük sıcaklıklarda ortaya çıktığı belirtilmiştir (Velasco ve ark., 2009).

Isı transferindeki farklılıklar esas alınarak kızartma işlemi 2 ana gruba ayrılmaktadır (Şekil 1);

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).



Şekil 1. Sığ ve derin kızartma işlemlerinde ısı ve kütle transferi (Kayahan, 2002).

1.3. Kızartma Sırasında Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişimler

Kızartma esnasında kızartma yağında ve kızartılan üründe birçok fiziksel değişim ve kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir. Kızartılan besinde oluşan değişikliklere nem kaybı, gıda yüzeyinin koyu renk kazanması, gevrek yapının oluşması, kızarmış lezzet ve aromanın ortaya çıkması, kızartma yağında oluşan değişimlere ise hidroliz, otoksidasyon, oksidatif polimerizasyon, termal polimerizasyon örnek olarak verilebilir. Söz konusu bu değişimler iki ana başlık altında incelenecektir; kızartma yağında ve kızartılan üründe meydana gelen değişimler (Gupta, 2005).

1.3.1. Kızartılan Üründe Meydana Gelen Değişimler

Kızartma esnasında besin maddesi ısı ve kütle transferinin gerçekleştiği bir ortamda birçok kimyasal reaksiyona maruz kalmakta ve ürünün görünümü, boyutu ve şekline de birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Yağın kalitesindeki değişiklikler, kızarmış ürünün depolama stabilitesini önemli derecede etkilemektedir. Nem içeriği, yağ içeriği, akrilamid içeriği, yoğunluk, porozite, renk ve tekstür kızarmış gıdalar için önemli kalite kriterleridir (Gupta, 2005; Velasco ve ark., 2009).

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).

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,
- Kızartılan gıdanın bileşimi,
- Gıda maddesinin kalınlığı ve yüzey özellikleri,
- Kızartmadan sonra uygulanan işlemler,

Yağ absorpsiyon düzeyi % 6 (kavrulmuş kabuklu yemişler) ile % 40 (patates cipsi) arasında değişmektedir. Yağ absorpsiyon düzeyi genel olarak, yağın tipinden çok yağın kalitesi ile ilişkilidir (Velasco ve ark.,2009).

Kızartma süresince absorbe edilen yağ, ürünün görünüşünde, yumuşaklığında, yenme kalitesinde, lezzetinde vs. önemli rol oynamaktadır. Eğer bu yağ, vücut sıcaklığından daha yüksek sıcaklık derecelerinde erime özelliğine sahipse, gıda yendikten sonra ağızda mumsuluk hissedilebilmekte ve buna karşıt olarak adsorplanan yağ, oda sıcaklığından çok daha düşük sıcaklıklarda erime kabiliyetine sahipse, bu durumda da son ürün kaygan ve yağlı bir görünüşe sahip olmaktadır (Stauffer, 1996).

1.3.2. Kızartma Yağında Meydana Gelen Değişimler

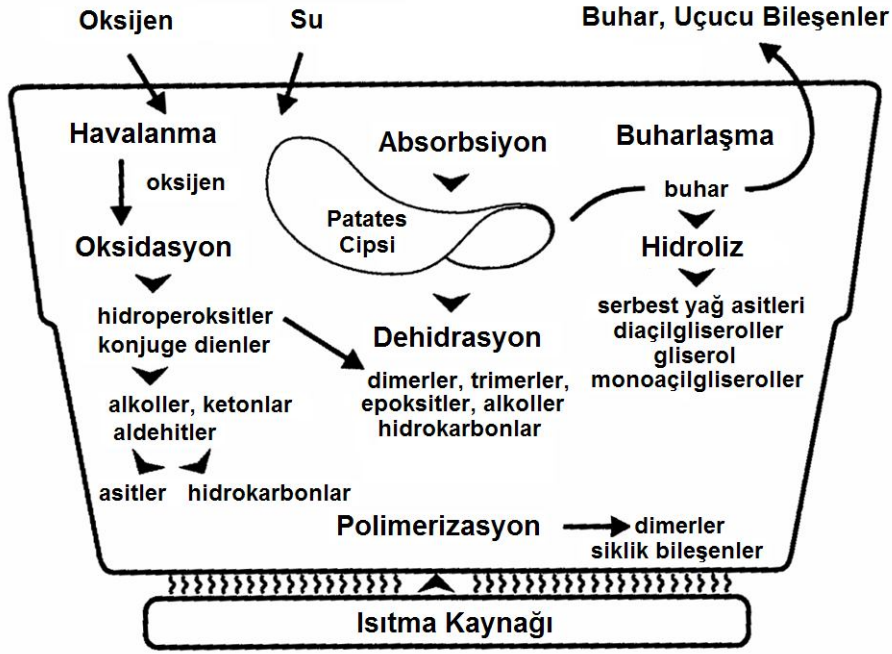
Kızartma esnasında yağ başlıca üç yıkıcı reaksiyona maruz kalmaktadır; i) suyun sebep olduğu hidroliz, ii) havadan karışan oksijenin sebep olduğu oksidasyon, iii) oksijen ve ısının sebep olduğu termal başkalaşım (Çizelge 2). Bunlar ileri derecede kompleks reaksiyonlardır ve çeşitli polimerizasyon ürünlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Sıcaklığın yükselmesiyle birlikte oksijen yetersizliği oluşacağından (gıdadan uzaklaşan suyun yağ yüzeyi üzerinde buhar ceketini oluşturması ile yağ ve oksijen temasının azalması)

oksidasyonun yerini polimerizasyon reaksiyonları alacak, gıda bileşeni ve yağ arasındaki reaksiyonların bir sonucu olarak ürünün tadı, aroması ve raf ömrünü etkileyecek olan dekompozisyon ürünleri oluşmaya başlayacaktır (O'Brien, 2004a).

Çizelge 2. Kızartma esnasında yağda oluşan başlıca yıkım reaksiyonları (Stauffer, 1996; Nawar, 2000)

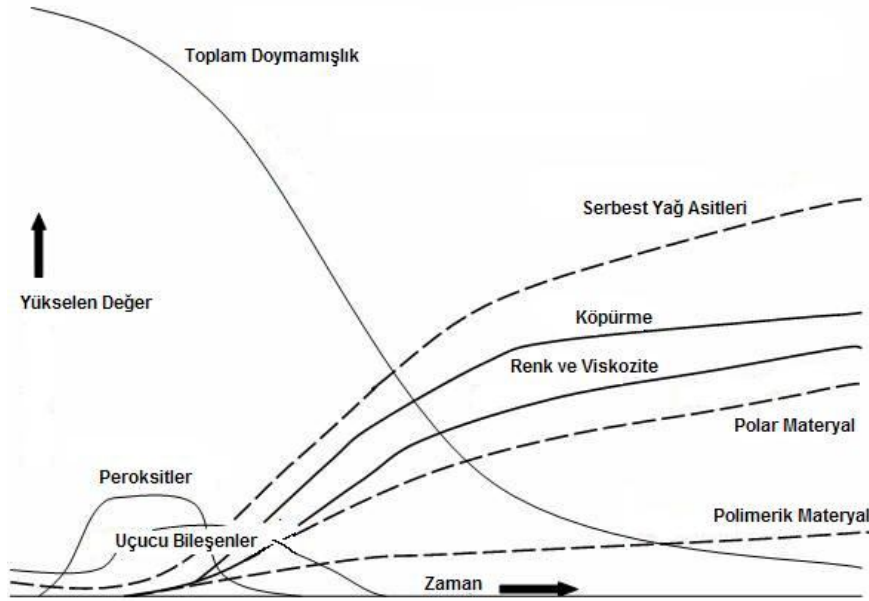
Reaksiyon	Tanımlama	Reaksiyon Değişim	Sonucu	Oluşan
Hidroliz	De-esterifikasyon reaksiyonu ile gliserol ve yağ asitleri arasındaki bağların ayrılması	Digliseritler, serbest yağ asitleri, azalan dumanlanma noktası	monogliseritler, gliserol,	
Oksidasyon				
• Birincil oksidasyon	Yüksek sıcaklıklarda yağ ile oksijenin reaksiyonu	– Aroma/lezzet, koku ve yağın besinsel özelliklerinin etkilenmesi		
• İkincil Oksidasyon	Yüksek sıcaklıklarda hidroperoksitlerin fizyonu	– Hidroperoksitler ve konjuge dien alkoller		
• Üçüncü oksidasyon	İkincil oksidasyonun ürünlerinin polimerizasyonu	– Karboniller ve serbest yağ asitleri – Polar bileşikler – Oksitlenmiş monomerik, dimerik ve oligomerik trigliseritler		
Termal polimerizasyon	Polimerizasyon	– Yağ vizkozitesinde artış – Koyu renkli polimerler – Halkalı yapıdaki dimerik, oligomer trigliseritler		

Isı, su, hava ve bulaşan bazı maddelerin varlığı (mesela metal kalıntıları) ile beraber kızartma periyodu yıkım reaksiyonlarını üretmektedir (Şekil 2). Sonuç olarak yağın kütleli özellikleri de değişmektedir. Yapılan çalışmalarda kızartma yağlarının belli bir sırada yıkıma uğradığı gösterilmiştir. Genel olarak bir başlangıç aşamasından sonra, bir optimum kızartma periyodu oluşmakta ve bundan sonra da yıkım veya bozulma süreci devam etmektedir. 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 2. Kızartma işlemi süresince yağda gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar (Blumenthal, 1988).

Kızartma işlemi 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 ve dumanlanma noktası azalır, renkte ve yüzey geriliminde değişimler oluşur, köpüklenme gelişir, yağın viskozitesi ve yoğunluğu değişir, özgül ısısı artar ve diğer termal özellikleri değişir, serbest yağ asitleri, karbonil bileşikler ve polar madde miktarları da artar (Keskinler, 2008; Türkay, 2008). Derin-yağda kızartma sürecinde yağda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler Şekil 3’de gösterilmiştir (Blumenthal, 1991; Choe ve Min, 2007).



Şekil 3. Kızartma işlemi süresince yağda gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar (Blumenthal, 1988).

Yağın kalitesi degradasyon bileşiklerinin oluşumuna önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Kızartma esnasında gıdadan yağa akümüle olan minör bileşikler, yağın kalitesi ve kızartma performansı üzerinde önemli rol oynamaktadırlar. Kızartma yağlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin modifiye edilmesinde görev yapan başlıca bileşikler şu şekilde sıralanabilir;

- Fosfolipidler ve diğer emülgatörler gibi amfibilik bileşikler erken köpüklenmeye yol açabilir.
- Yağda çözünen vitaminler ve iz elementler, antioksidan ve proksidan etkilerine bağlı olarak yağ oksidasyonunu engelleyebilir yada hızlandırabilir.
- Yağlı hayvansal ürünlerde bulunan kolesterol kızartma ortamına geçebilir ve takip eden kızartmalarla yağ içermeyen gıdalara geçebilir.
- Pigmentler ve Maillard esmerleşme ürünleri kızartma yağının oksidasyon hassasiyetini modifiye edebilir.
- Gıdalarda bulunan fenolik bileşikler yada ilave edilen baharatlar kızartma yağının stabilitesini değiştirebilir ve renkte koyulaşmaya sebep olabilir.
- Güçlü aromaya sahip gıdalardaki uçucu bileşikler kızartma esnasında özel lezzet oluşumuna katkıda bulunabilir (Velasco ve ark., 2009).

Yağda meydana gelen bozunmanın seyrini takip etmek için birçok analitik teknik geliştirilmiştir. Ancak en önemlileri olarak toplam polar madde ölçümü, alkali kontaminant

seviyesi ölçümü, dumanlanma noktası ölçümü, asit değeri ve peroksit değeri ölçümü, renk, viskozite, dielektrik sabiti ölçümleri gibi metotlar kullanılmaktadır.

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 180 °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). Kızartma yağlarında görülen başlıca kimyasal yıkım reaksiyonları sırasıyla açıklanmıştır;

1.3.2.1. Yağın Hidrolizi

Gıda kızgın yağın içerisinde kızartıldığında gıdanın nemi kabarcık oluşumu ile buhar haline gelmekte ve kızartma süresi ilerledikçe kademeli olarak azalmaktadır. Su, buhar ve oksijen kızartma yağında ve gıdada bazı kimyasal reaksiyonlar oluşturmaktadır. Zayıf bir nükleofil olan su triaçilgliserollerin ester bağına müdahale ederek hidrolize sebep olmaktadır. di- ve mono- açilgliserollerin, gliserollerin ve serbest yağ asitlerinin oluşmasını sağlamaktadır. Termal hidroliz (20-100°C), 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; Gertz ve ark., 2000; Chung ve ark., 2004; Choe ve Min, 2007).

Hidroliz gelişimde rol oynayan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Buhara kıyasla suyun yağı daha hızlı hidroliz etmesinden ötürü, ortamdaki su miktarının artışı hidroliz hızında da artışa neden olmaktadır.
- Hidroliz hızı, yağ ile suyun temas yüzeyinin artması ile de doğru, kızartma ortamına taze yağ ilave edilmesi ile ters orantılıdır.
- Sodyum hidroksit vb. alkalilerin hidroliz gelişimini katalize ettiği, bu yüzden kızartıcıların temizlenmesinde bu karakterde materyallerin kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir.
- Hidroliz hızı üzerine, kızartma süresinin etkisi diğer faktörlere kıyasla daha hafif bulunmuştur.

- Hidrolizin önlenmesi yada geciktirilmesinde, yağda disperse olmuş suyun uzaklaştırılması amacıyla teflon eleklerden (50-100 µm) geçirmenin etkin sonuç vereceği bildirilmiştir (Gertz ve ark., 2000; Choe ve Min, 2007).

1.3.2.2. Yağın Oksidasyonu

Oksidasyon yağlar ve yağ içeren gıdalarda lezzet kaybına ve arzu edilmeyen lezzet oluşumuna neden olan önemli bir kimyasal tepkime olup, oksidatif reaksiyonun aşırı olması durumunda ise toksik yan ürünler oluşabilmektedir. Ancak genellikle yağların oksidasyonu toksik yan ürünlerin dikkate alınacağı bir noktaya kadar ilerlememektedir. Yağ oksidasyonu sonucu oluşan ürünler genellikle istenilmeyen lezzet değişimlerine neden oldukları için gıdaların pazarlanabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedirler (Gür ve Altuğ, 2006). Kızartma yağlarından oluşan oksidatif değişiklikler, serbest yağ asitliği, köpük oluşumu, renkte koyulaşma, viskozite, polar bileşikler (aldehit, keton, asit, peroksit vb.) ve polimerik madde miktarındaki artışla birlikte, yağdaki toplam doymamışlığın azalması ile karakterize edilmektedir. Lipit oksidasyonunun tespit edilmesi kızartma performansı üzerinde etkili olup, gıdanın ve yağın kalitesi bakımından önem taşımaktadır (Shahidi ve Zhong, 2005).

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir terim olan acılık, yağlarda doymamış yağ asitlerinin otoksidasyonu sonucunda oluşan uçucu bileşiklerin istenilmeyen lezzet değişimlerine ve kayıplarına neden olmaları sonucu ortaya çıkmaktadır. Yüksek oranda doymamış yağların lezzetinde oluşan bozulmalar lezzet dönmesi olarak ifade edilmektedir. Lezzet dönmesinin linoleik tip asitlerin oksidasyonu ile oluştuğu tahmin edilmektedir (Gür ve Altuğ, 2006).

Oksidasyonun engellenmesi yada geciktirilmesinde fenolik antioksidanlar, α - tokoferol, köpük oluşumunu engelleyici ajanlar ve azot gazından yararlanılabileceği rapor edilmiştir (Gertz ve ark., 2000).

1.3.2.3. Yağın Polimerizasyonu

Polimerizasyon terimi, doymamış yağ asitlerinin iki karbon atomu arasındaki çapraz bağlanmayı ifade etmektedir. Ayrıca polimerler doymamış kısımda bulunan iki yağ asidi arasındaki oksijen bağları ile de oluşabilmektedir. Yağda bulunan H^+ iyonları, katyonlar ve nemin polimerizasyona yol açtığı, tepkimenin engellenmesinde ise sinerjistik antioksidan karışımları, asit ağartma toprağı ve steroller, oryzanol, biberiye ekstraktı, squalen gibi

doğal ingredientlerden yararlanılabileceği rapor edilmiştir (Gertz ve ark., 2000; Gür ve Altuğ, 2006).

Derin yağda kızartmada oluşan polimerler oksijen bakımından zengindirler. Oksidize polimer bileşenleri yağın oksidasyonunu teşvik ederler. 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 atamadığı durumlarda üretilmektedir (Yoon ve ark., 1988; Lawson, 1995; Tseng ve ark., 1996; Moreira ve ark., 1999; Choe ve Min, 2007).

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 (Çizelge 3) ayrıca oksidasyon, dimerizasyon ve polimerizasyon gibi reaksiyonlara da maruz kalmaktadır (Choe ve Min, 2007).

Çizelge 3. Kızartma sırasında oluşan ürünler (Stauffer, 1996)

Uçucu olmayan	Uçucu olan
Mono ve digliseritler	Hidrokarbonlar
Oksitlenmiş trigliseritler	Ketonlar
Trigliserit dimerleri ve trimerleri	Aldehitler
Trigliserit polimerleri	Alkoller
Serbest yağ asitleri	Esterler
Akrilamidler	Laktonlar

1.4. Derin Yağda Kızartma Sırasında Yağın Kalitesini Etkileyen Faktörler

Kızartma işlemi sırasında gerek yağın ve kızartılan besin maddesinin sahip olduğu niteliklerin gerekse kızartma şartlarının kızartma kalitesi ve oluşan reaksiyonlar üzerinde aktif rol oynadığı rapor edilmiştir. Bu etmenlere örnek olarak, yağın cinsi, yağ asitlerinin doymamışlığı, taze yağ kalitesi, yağın içerdiği antioksidanlar-köpük önleyici katkı maddeleri, kızartılan gıdanın bileşimi ve miktarı, yağın sıcaklığı ve ısıl stabilitesi, oksijenle temas yüzeyi, kızartıcı tipi ve ısı transfer şekli, yağın tazelenme oranı, kızartma sıcaklığı ve süresi vb. faktörler verilebilir (Stauffer, 1996). Bu faktörlerin etkileri farklı analitik

metotların kullanımı sebebiyle bazen farklı şekillerde ifade edilmişlerdir (Choe ve Min, 2007).

1.4.1. Uygun Kızartma Yağının Seçimi

Endüstriyel kızartma için yağ seçiminde kızartılan ürünün lezzeti, tekstürü, görünümü, ağız hissi, raf ömrü, yağın kolay bulunabilir olması ve maliyeti, besinsel değeri gibi birçok kriter önem taşımaktadır. Tüketicinin ise kızarmış bir gıdada aradığı başlıca üç unsur lezzet, aroma ve görünümdür. Bu özellikleri takiben kızarmış gıdanın tekstürü, ağız hissi ve tadım sonrası hissi de tüketici kabulünde rol oynamaktadır. Tüketicinin kabulünü kazanması için kızartma yağının sahip olması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir;

- Düşük doymuş yağ içeriği
- Düşük linolenik asit içeriği
- Yüksek oksidatif stabilite
- *Trans* yağ asiti içermemesi (Shahidi ve Zhong, 2005).

1.4.2. Taze Yağ ile Yenileme

Toplam yağda içersindeki taze yağ oranının yükselmesi kızartma yağının kalitesini iyileştirmektedir. Düzenli olarak taze yağla yenileme işlemi polar bileşenlerin, diaçilgliserollerin ve serbest yağ asitlerinin oluşumunu azaltırken yağların kızartma ömrünü ve kalitesini arttırmaktadır. Tavsiye edilen günlük tazeleme miktarı kızartıcı kapasitesinin %15 ile %25'i arasında değişmektedir (Paul ve Mittal, 1997; Romero ve ark., 1998; Choe ve Min, 2007).

1.4.3. 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 bileşenler oluşumu hızlanmasına rağmen, 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 oranın %5 olduğu rapor edilmiştir (Peers ve Swoboda, 1982; Fedeli, 1988; Blumenthal, 1991; Clark ve Serbia, 1991; Tyagi ve Vasishta, 1996; Choe ve Min, 2007).

1.4.4. Kızartma Yağı Kalitesinin Değerlendirilmesi

Kızartma için kullanılacak yağların, serbest yağ asitleri ve iz metal miktarı düşük, sürekli kullanım sırasında bozunmaya dayanıklı olmaları bakımından da oksidatif stabiliteleri 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). Çizelge 4'te belirtilen kalite parametrelerinden herbiri kızartma yağının performansında öneme sahiptir.

Çizelge 4. Taze kızartma yağı (rafine, ağartılmış, deodorize) için önerilen analitik parametreler (Shahidi ve Zhong, 2005)

Analiz Adı	Arzu Edilen Düzey	Maksimum Düzey	AOCS Metodu
Serbest yağ asiti(%)	0.03	0.05	Ca 51-40 (97)
Peroksit değeri, meq/kg	<0.5	1.0	Cd 8b-90 (97)
<i>p</i> -anisidin	<4.0	6.0	Cd 18-90 (97)
Konjuge dien (%)	iz	<0.5	Th 1a-64 (97)
Polar bileşikler (%)	<2.0	<4.0	Cd 20-91 (97)
Polimerler (%)	<0.5	<1.0	Cd 22-91 (97)
Demir, ppm	<0.2	<0.5	Ca 17-01 (01)
Magnezyum, ppm	<0.2	<0.5	Ca 17-01 (01)
Monoaçilgliserol (%)	ted	iz	Cd 11b-91 (97)
Diaçilgliserol (%)	<0.5	<1.0	Cd 11b-96 (97)
Lovibond Kırmızılık değeri			Cc 13b-45 (97)
Soya yağı	<1.0	<1.5	
Ayçiçek yağı	<1.0	<1.5	
Yerfıstığı yağı	<1.5	<2.5	
Dumanlanma noktası (min, °F)	460	-	Cc 9a-43 (97)
Sabun, ppm	-	0.0	Cc-17-95 (97)
Lezzet derecesi	8	-	Cg-2-83 (97)
Klorofil (ppb)	<30	<30	Cc 13d-55 (97)

ted: tespit edilemeyen düzey

Genel olarak incelendiğinde yağların düşük serbest yağ asitliği, peroksit değeri, konjuge dien içeriği ve *p*-anisidin değerine sahip olmaları; demir, bakır, fosfor, kalsiyum ve magnezyum gibi metal iyonlarını iz düzeyde dahi olsa içermemeleri gerektiği göze çarpmaktadır (Gupta, 2005).

Kızartma yağlarının kalitesinin değerlendirilmesi farklı yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir;

- a) Kızartma yağlarının fiziksel özelliklerindeki (moleküler ağırlık, özgül ağırlık, dumanlanma noktası, refraktif indeks, renksel özellikler, viskozite, yüzey gerilimi ve dielektrik sabiti gibi) değişimin izlenmesi ile oksidatif degradasyonun tahmin edilmesi,
- b) İyot sayısı, sabunlaşma sayısı, serbest yağ asiti içeriği, peroksit değeri, TBA değeri yada *p*-anisidin değeri gibi kimyasal özelliklerinin saptanması.
- c) Kızartma yağlarında polar materyallerin belirlenmesi,
- d) Kızartma yağının değiştirilme zamanı duyuşal değerlendirmeler ile de belirlenebilmektedir (Gupta, 2005).

1.4.5. Gıdanın Bileşimi

Kızartma esnasında gıdadan uzaklaşan 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 artırırlar (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).

1.4.6. 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 zank 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).

1.4.7. Antioksidanlar

Antioksidanlar oksidatif bozunmanın geciktirilmesi suretiyle yemeklik katı ve sıvı yağların oksidatif stabilitesini destekleyen ve daha uzun raf ömrüne sahip olmalarını sağlayan kimyasal bileşiklerdir. Oksidasyon serbest radikal oksidasyonu olarak da ifade edilen bir seri reaksiyondur. Serbest radikaller yüksek derecede reaktif olan ve oksijenle reaksiyonları sonucunda peroksit ve hidroperoksitleri oluşturan bileşikler olup diğer serbest radikalleri de teşvik etmek suretiyle ileri oksidasyonların başlamasına sebep verebilirler. Sonuç olarak, hidroperoksitler aldehitler, ketonlar, alkoller ve asitler gibi daha küçük organik bileşiklere parçalanırlar ki bu bileşikler okside yağların koku ve aroma karakteristiklerine katkıda bulunurlar. Antioksidanlar gliserit otoksidasyonunu serbest radikal mekanizmasını bölme yada engelleme suretiyle fonksiyon gösterirler. Bu yetenekleri moleküler yapıları içerisindeki fenolik yapı yada konfigürasyonu ile ilişkilidir. Antioksidantlar yada fenolik bileşikler, serbest radikal alıcısı gibi etki göstererek henüz başlangıç aşamasında oksidasyonu yavaşlatabilirler (O'Brien, 2004a).

Margarinlerde ve sıvı yağlarda kullanılan fenolik yapıdaki antioksidanlar oksidasyonu başlatan ve geliştiren serbest radikallerin oluşumunda girişim yaparak etkili olabilmektedirler. İki veya daha fazla antioksidanın bir arada kullanılması ile elde edilen daha kuvvetli etki sinerjizm olarak ifade edilmektedir. Söz konusu etki, iki antioksidan arasında oluşabileceği gibi, bir antioksidan ile antioksidan özelliği olmayan diğer bir madde arasında da gerçekleşebilmektedir. BHA ve BHT arasındaki sinerjistik etkinin tersiyer bütül peroksitten hazırlanan bir model sistem üzerinde araştırılması sonucunda, BHA fenoksil radikalının BHT den hidrojen alarak BHA yı rejenere ettiği ve bu arada BHT'nin kinon metide yükseltgendiği saptanmıştır (Gür ve Altuğ, 2006).

Çizelge 5. Codex Alimentarius Komisyonu (CAC) ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (TGKY)'ne göre gıdalarda kullanımına izin verilen antioksidanlar (Gür ve Altuğ, 2006)

Antioksidanlar	CAC	TGKY
Kükürt dioksit	+	+
Sodyum sülfid	+	+
Sodyum hidrojen sülfat	+	+
Askorbik asit	+	+
Sodyum askorbat	+	+
Kalsiyum askorbat	+	+
Potasyum askorbat	+	
Askorbil palmitat	+	+
Askorbil stearat	+	+
Tokoferol ekstraktları	+	+
α - β - γ -tokoferol	+	+
Propil gallat	+	+
Oktil gallat	+	+
Dodesil gallat	+	+
Eritorbik asit	+	+
Sodyum eritorbat	+	+
TBHQ	+	
BHA	+	+
BHT	+	+
Glukoz oksidaz	+	

1.4.7.1. Sinerjistik Antioksidan Karışımları

Birçok gıda ürününde, antioksidanların bireysel kullanımı yerine genellikle farklı antioksidanların kombinasyonlarını içeren formulasyonlar ve şelatlayıcı ajanlar tercih edilmektedir. Örneğin BHA ve BHT nin birlikte kullanımı tek başına kullanımlarından daha güçlü antioksidan aktivite sağlamaktadır. Propilen glikol ve bitkisel yağlar, antioksidant karışımları için solvent ortamı olarak görev yapmaktadırlar. Bu formulasyonlarda ayrıca, emülgatörler (lesitin, sitrat, monogliserit sitrat, mono- ve di-gliseritler) de yer alabilmektedir. En yaygın kullanılan sentetik antioksidanlar propil gallat (PG), bütillendirilmiş hidroksi anisol (BHA), bütillendirilmiş hidroksi toluen (BHT) ve tersiyer bütül hidrokinondır (TBHQ) (Çizelge 5). Gıda katkı maddeleri için FAO/WHO tarafından hazırlanan genel standartta (GSFA, Codex STAN 192-1995) yer alan ve bitkisel yağlara katılmasına izin verilen sentetik antioksidanların tek başına kullanım limiti 200 ppm dir. USDA antioksidan kullanımını tek başına iken 100 ppm, özellikle et ürünlerinde her bir antioksidantın bireysel oranının 100 ppm i geçmemesi suretiyle kombinasyon halinde iken 200 ppm olarak sınırlandırmıştır. Hem FDA hemde USDA antioksidan kullanımının ürün etiketinde belirtilmesi gerektiğini vurgulamıştır (O'Brien, 2004a).

1.5. Kızartılan Gıdaların Yağ Absorpsiyonu

Kızartma esnasında besin maddesi tarafından absorbe edilen yağ düzeyi % 6 (kavrulmuş kabuklu yemişler) ile % 40 (patates cipsi) arasında değişmektedir. Yağ absorpsiyon düzeyi genel olarak, yağın tipinden çok yağın kalitesi ile ilişkilidir (Velasco ve ark., 2009).

Pylar (1972)'a göre yağ absorpsiyonunun 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).

1.6. 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. Yerfıstığı 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. Yerfıstığı yağı 20 saat, ayçiçeği yağı ise 35 saat kızartmadan sonra atılacak seviyeye (TPM içeriği %21,1-23,4) yaklaşmışlardır. Ayrıca bu sürenin sonunda yerfıstığı 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). Stauffer (1996)'a göre kızartma işleminde kullanılan yağın kalite aşaması, yağın kimyasal kompozisyonunu değiştirmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Kızartma yağının farklı aşamalarındaki bileşimi (Stauffer, 1996)

Yağın Aşaması	Trigliserid (%)	Polar Madde (%)	Polimer (%)	Serbest Yağ Asiti (%)
İlk kez kullanılan yağ	> 98	< 2	0,5	0,03
Az kullanılmış yağ	90	10	2	0,5
Taze yağ	85	15	5	1
Optimum yağ	80	20	12	3
İndirgenmiş yağ	75	25	17	5
Çok fazla indirgenmiş yağ	65	35	25	8

1.7. Yerfıstığı Yağı

Dünya genelinde 20 milyon tonu aşan bir üretim grafiğine sahip olan yerfıstığı, 30' dan fazla ülkede önemli miktarlarda yetiştirilmektedir. *Arachis hypogaea* tohumlarından elde edilen yerfıstığı yağı, dünya bitkisel yağ üretiminin % 7-10' unu karşılamaktadır. Dünyanın en büyük üç üretici ülkesi Hindistan, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri olarak sıralanmakta, toplam dünya üretiminin %65'ini üstlenmektedirler. Yerfıstığı yüksek derecede sindirilebilir protein ve doymamış yağ içeriğine, kavrulmuş fındığımsı aromaya sahiptir. Yağ ekstraksiyonundan sonra kalan küspe, düşük yağ ve yüksek protein içeriği ile hayvanlar için besleyici değere sahiptir. Bunun yanında, düşük yağ içeriğine sahip pres keki öğütülüp una dönüştürülerek insan tüketimi içinde kullanılabilir. Tüm dünya genelinde, yerfıstığı yağının başlıca kullanım alanı olarak yemeklik ve kızartmalık yağlar gösterilmektedir. Bunun yanısıra şortening, margarin ve mayonez üretiminde, bazen de salata yağı-sosu olarak kullanılmaktadır. Yerfıstığı yağının derin yağda kızartmada tercih edilmesinin başlıca sebebi yüksek dumanlanma noktasına (229.4°C) sahip olmasıdır. Bu yüksek dumanlanma noktası sıcaklığı, düşük yağ içerikli ve gevrek yüzeyle gıdaların oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Fındığımsı karakteristik bir aromaya sahip yerfıstığı yağı, konfeksiyonel-fırıncılık ürünlerde, kahvaltılık tahıllarda, donmuş sütlü tatlılarda aromalandırıcı olarak da kullanılmaktadır. Ham yağ fındığımsı bir aromaya sahip olmasına rağmen, rafinasyon sonrasında bu koku giderilmekte, kızartma sürecinde istenmeyen koku gelişimi önlenmektedir. Kızartma esnasında oluşan, gliserit degradasyonu serbest yağ asitliğinde artış, dumanlanma noktasında düşüş ile sonuçlanmaktadır (Sanders, 2002). Yerfıstığı yağının genel karakteristikleri Çizelge 7'de görülmektedir (Sanders, 2002).

Çizelge 7. Yerfıstığı yağı karakteristikleri (Sanders, 2002)

Karakteristikler	Değer	Karakteristikler	Değer
Lezzet	Yavan	İyot sayısı (g/100g)	82-106
Görünüş	Açık sarı	Peroksit değeri (meq aktif O ₂ /kg yağ, maks)	10
Renk (Gardner)	4	Asetil değeri	8.5-9.5
Erime noktası (°C)	0-3°C	Füzyon ısısı (kalori/g, hidrojene edilmemiş)	21.7
Dumanlanma noktası (°C)	229.4°C	Refraktif index (40°C)	1.46-1.465
Özgül ağırlık (21°C)	0.915	Sabunlaşma sayısı (mg KOH/g yağ)	188-195
Serbest yağ asitliği (% oleik asit)	0.05	Sabunlaşmayaan lipidler (%)	0.40

Yerfıstığı % 36-56 yağ içeriğine sahip olduğu rapor edilmesine rağmen, yaygın olarak ortalama % 40-50 yağ içeriğine sahiptir. Bitki adı ile anılan yemeklik yağlar tebliği'ne göre yerfıstığı yağının yağ asiti kompozisyonu Çizelge 8'de görüldüğü gibidir (TGK, 2007).

Çizelge 8. Yerfıstığı yağına ait yağ asitleri kompozisyonu (TGK, 2007)

Yağ Asitleri	Yaygın adı	Yerfıstığı yağı
C6:0	Kaproik asit	ted*
C8:0	Kaprilik asit	ted
C10:0	Kaprik asit	ted
C12:0	Laurik asit	ted-0.1
C14:0	Miristik asit	ted-0.1
C16:0	Palmitik asit	8.0-14.0
C16:1	Palmitoleik asit	ted-0.2
C17:0	Margarik asit	ted-0.1
C17:1	Heptadesenoik asit	ted-0.1
C18:0	Stearik asit	1.0-4.5
C18:1	Oleik asit	35.0-36.0
C18:2	Linoleik asit	12.0-43.0
C18:3	Linolenik asit	ted-0.3
C20:0	Araşidik asit	1.0-2.0
C20:1	Eikosanoik acid	0.7-1.7
C22:0	Behenik asit	1.5-4.5
C22:1	Erusik asit	ted-0.3
C24:0	Lignoserik asit	0.5-2.5
C24:1	Nervonik asit	ted-0.3

*ted: tespit edilemeyen düzey

Yerfıstığı yağının yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde palmitik, oleik ve linoleik asitlerin majör yağ asitleri olduğu görülmektedir. Trigliserit kompozisyonunun % 80 i doymamış ve % 20 doymuş yağ asitlerinden oluşmaktadır. Yağ asiti kompozisyonu derin yağda kızartma stabilitesi ve raf ömrü stabilitesini büyük ölçüde geliştirmektedir.

Yerfıstığı yağı trigliserit kompozisyonunda tamamen doymuş yapıda trigliseritler bulunmamakla beraber, ikili doymuş (% 3.6), tekli doymuş (%35.0) ve üçlü doymamış (% 59.0) yapıdaki trigliseritleri belirli oranlarda içermektedir (O'Brien, 2004b).

Yerfıstığı yağının tokoferol kompozisyonunda γ -tokoferol başlıca fraksiyon olup (Çizelge 9), yağın sabunlaşmayan kısmı 27-29 karbon atomuna sahip, ikincil alkoller olarak bilinen oda sıcaklığında kristal formda bulunan steroller de önemli oranda içermektedir. β -sitosterol yerfıstığı yağındaki başlıca sterol bileşenidir ve yapılan birçok klinik çalışmada kanser gelişiminin engellenmesinde başarılı sonuçlar verdiği, kolon, prostat ve akciğer kanserine karşıda koruma sağladığı, buna ilaveten diyetle yerfıstığı yada meyvesi ilave edilen bireylerin toplam ve LDL kolesterol düzeylerinde sürekli bir azalma meydana gelerek, kalp hastalıkları riskinin de düştüğü rapor edilmiştir (Sanders, 2002).

Çizelge 9. Yerfıstığı yağının tokoferol kompozisyonu (mg/kg) (O'Brien, 2004b)

Tokoferol	Belirlenen düzey	Aralık
α -tokoferol	211	49-373
β -tokoferol	20	0-41
γ -tokoferol	239	88-390
δ -tokoferol	11	0-22

Türkiye tarımında en önemli problemlerden birisi ülkemiz ihtiyacı olan ham yağ ve yağlı tohumlu bitkilerin üretiminin yetersiz seviyede kalmasıdır. Tüketicinin hem sağlığına hem de bütçesine hitap eden alternatif yağ kaynaklarının bulunması ve tüketime sunulması önemli bir gelişme olacaktır. Bu amaçla, potansiyel yağ bitkilerimizin başında gelen ve % 45-55 arasında değişen yağ içeriğine sahip yerfıstığının rafinasyonu sonucunda elde edilen yağı kızartma materyali olarak tercih etmemiz, yağın üretim-tüketim potansiyeline katkıda bulunulmasının yanı sıra konu ile ilgili yapılacak olan endüstriyel araştırmaların, hatta diyet ve sağlıklı yaşam çalışmalarının ilerlemesine de önemli bir kaynak teşkil etmiştir.

1.8. Kızartma Yağlarıyla İlgili Yasal Düzenlemeler

Farklı ülkelerde kızartma yağlarıyla ilgili bazı yasal düzenlemeler yapılmıştır. Avusturya'daki düzenleme, taze kızartma yağlarının kalitesini serbest yağ asitleri ve dumanlanma noktası yönünden ele almıştır. 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 ikinci pozisyondaki doygunluklarını ortaya koymaktadır. Sadece bu yağların kızartma için kullanılmasına izin verilmektedir. Fransa bir şekilde linolenik asit içeriği bakımından kendisini 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). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) endüstriyel kızartma koşullarında yada restoranlardaki kızartma yağı kalitesi üzerine herhangi bir düzenleme getirmemiştir. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) ise serbest yağ asiti miktarı % 2 yi aştığı zaman kızartma yağının değiştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Avrupa' da ve Şili'de çoğu ülke restoranlardaki kızartma yağlarının kalitesinin kontrol edilmesi için bazı düzenlemeler getirmiş ve yağdaki polar materyal değeri belli bir seviyeyi aştığı zaman yağın değiştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Belirlenen seviye ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Çizelge 10'da farklı ülkelerde kızartma yağları ile ilgili düzenleyici limitler görülmektedir (Gupta, 2005).

Çizelge 10. Farklı ülkelerde kızartma yağı kalitesi parametreleri (Gupta, 2005)

Ülke	Maksimum Kızartma Sıcaklığı (°C)	Dumanlanma Noktası (min °C)	Asit Değeri (maks. %)	Serbest Yağ Asitliği (maks. %)	Polar Materyal (%)	Okside Yağ Asitleri (%)	Dimerik-Polimerik Trigliserit (maks. %)
Avusturya	180	170	2.5	-	27	1	-
Belçika	180	-	-	-	25	-	10
Şili	-	170	-	2.5	25	1	-
Finlandiya	-	170	2.5	25	--	-	-
Fransa	180	-	-	-	25	-	-
Almanya	170	-	-	-	24	0.7	-
İtalya	180	-	-	-	25	-	-
Japonya	-	170	2.5	-	-	-	16
Hollanda	180-	-	-	-	-	-	-
Güney Afrika	-	-	-	-	<25	-	16
İspanya	-	-	-	-	25	-	-

Kızartma yağlarında polar materyallerin ölçülmesi yağ kalitesinin belirlenmesinde güvenilir bir yaklaşımdır ve Avrupa da resmi bir metot olarak kabul edilmektedir. Bu metot, silika jel kromatografisi yardımıyla polar ve nonppolar fraksiyonların yağdan ayrılması esasına dayanmaktadır (Gupta, 2005).

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) yürürlükte dir (TGK, 2007). Tebliğe göre kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri şöyledir;

Özellik Limit

Polar Madde \leq %25

Dumanlanma Noktası $>$ 170 °C

1.9. Kızartma Yağlarında Kullanılan Doğal ve Sentetik Antioksidanlar

Yağda ve gıdada doğal olarak bulunan veya sonradan eklenen antioksidanlar kızartma sırasında yağın kalitesine etki etmektedirler. Tokoferoller, bütillenmiş hidroksianisol (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).

Doğal antioksidanların kullanımı hem bilimsel hem endüstriyel araştırmalarda giderek dikkat çeken bir uygulamadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda, tarımsal ve gıda işleme yan ürünü veya atığı olarak ortaya çıkan birçok hammaddenin antioksidan kapasitelerinin çok yüksek olduğu ve bunlardan bazılarının yemeklik yağ ve işlenmiş gıdalarda lipit oksidasyonunu kontrol etmek için antioksidan madde olarak kullanılabileceği ortaya koyulmuştur (Peschel ve ark., 2006).

Sağlıklı yaşamın esasını oluşturan bitkisel besin destekleri olarak tüketimi giderek artan, gerek canlı beslenmesi gerekse farmakolojik alanda yaygın kullanıma sahip olan, son yıllarda antioksidan etkileri üzerinde durulan ve söz konusu aktivitelerinin kızartma prosesindeki davranışının irdelenmesi amacıyla bu çalışmada yararlanılan bitkisel materyaller şunlardır;

1.9.1. Yeşilçay

Camellia sinensis bitkisinin yaprak ve tomurcuklarından elde edilen ve dünyada sudan sonra en çok tüketilen içecek olan yeşilçay oldukça karışık bir kimyasal kompozisyona sahiptir. Proteinler (kuru maddede %15-20); glutamik asit, triptofan, glisin, serin, aspartik asit, tirozin, valin, lösin, treonin, arjinin gibi aminoasitler (kuru maddede %1-4); selüloz, pektinler, glukoz, früktoz, sükroz gibi karbohidratlar (kuru maddede %5-7); linoleik ve alfa-linolenik asitler gibi yağ asitleri; stigmasterol gibi steroller; B, C, E vitaminleri; klorofil ve karotenoidler gibi pigmentler; aldehydler, alkoller, esterler, laktonlar, hidrokarbonlar gibi uçucu bileşikler; Ca, Mg, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn ve F gibi mineraller ve iz elementler yapıda yer almaktadırlar (Cabrera ve ark., 2006)

Yeşilçayın antioksidan özelliğe sahip olduğu bilinen polifenoller; epigallokateşingallat (EGCG), epikateşin gallat (ECG), epigallokateşin (EGC) ve epikateşin (EC) bakımından oldukça zengin olduğu bilinmektedir. Birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda, yeşilçayın antioksidan özelliğine ilaveten patojen bakteriler üzerine de antimikrobiyal etkiye sahip olduğu, antiinflamator özellik sergilediği ve yapılan beslenme çalışmaları ile de kardiyovasküler riskin azaltılması ve kanserin önlenmesinde etkin role sahip olduğu tespit edilmiştir (Sato ve Miyata, 2000).

1.9.2. Likopen

Domates (*Lycopersicon esculentum*) tek yıllık bir bitki çeşididir. Besinsel yönden incelendiğinde vitaminler (A, B1, B2, C, K), organik asitler, mineraller (potasyum, demir vb.) ve protein, yağ, karbonhidrat gibi temel besin öğelerini etken miktarlarda içerdiği tespit edilmiştir. Sebze ve meyvelerde doğal olarak bulunan karoten (karotenoid) grubuna ait bir pigment olan likopenin yenilebilir kaynakları arasında kuşburnu, karpuz, havuç ve greyfurt sayılabilir. Fakat likopen açısından en değerli kaynak domates ve domates ürünleridir (Konar, 2008).

Yapılan birçok *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarla likopenin sağlık üzerine olumlu etkileri ortaya konulmuştur. Başta prostat kanseri olmak üzere, akciğer, mide, pankreas, kolon, göğüs ve rahim kanseri gibi günümüzün araştırmaya açık ve üzerinde yoğun araştırmalar yapılan kanser türleriyle ilgili koruyucu etkisinin de olduğu belirlenmiş ve düşük kalp hastalıkları riski arasında istatistiksel bir ilişkinin olduğunu rapor edilmiştir (Levy ve ark., 1997).

1.9.3. Üzüm Çekirdeği

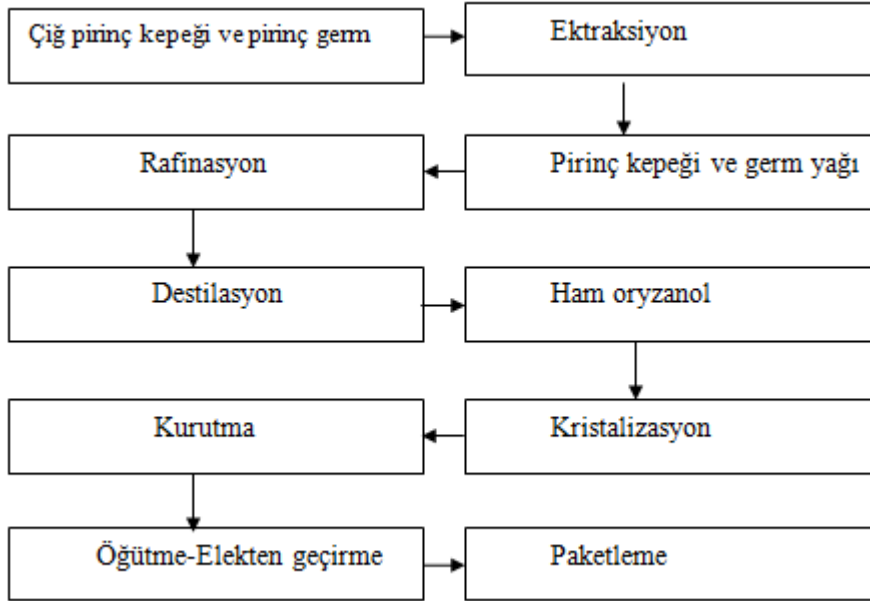
Üzüm (*Vitis vinifera L.*), yetiştirme isteklerinin az oluşu, çoğaltma yöntemlerinin kolay oluşu ve değerlendirilme alanının geniş olması nedeniyle dünyanın farklı bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Üzüm sanayinin çok değerli bir yan ürünü olarak açığa çıkan üzüm çekirdekleri, içermiş oldukları polifenoller özellikle de antioksidan, antimikrobiyal, antialerjik etkileri kanıtlanmış proantosiyanidinler ve fonksiyonel ingredienler sebebiyle günümüzde oldukça popüler hale gelen besinsel destek materyalleri adıyla ticari olarak da satılmakta ve pazardaki oranı büyümektedir (Joshi, 2000; Payan, 2007).

Zhao (1999)'ya göre yağların peroksidasyonunun inhibe edilme potansiyeli moleküllerin polimerizasyon düzeyine bağlı olarak artmaktadır. Daha fazla kateşin ve epikateşin ünitesine sahip olan proantosiyanidinler daha potansiyel inhibitörlerdir. Ayrıca yapıda bulunan gallat grubu da lipid peroksidasyonu üzerindeki inhibe edici etkinliği arttırmaktadır. 3-hidroksi pozisyonundan gallat grup bağlanmış olan prosiyanidin dimeri çok daha yüksek inhibitör etkinlik göstermektedir (Payan, 2007).

1.9.4. Saflaştırılmış γ - Oryzanol

Yenilebilir yağlar arasında yerini alan pirinç kepeği yağı beslenme, eczacılık ve kozmetik endüstrisinde ticari öneme sahip biyoaktif fitokimyasallar bakımından zengin bir kaynaktır. Yağın sabunlaşmayan fraksiyonu çoğunlukla tokoferoller, tokotrienoller ve γ -oryzanol içermekle birlikte, lesitin, karotenoid, l-oktakosanol ve skualen gibi bileşikler de düşük konsantrasyonlarda ihtiva etmektedir. γ -Oryzanol fitosteroller (steroller ve triterpenik alkoller (çoğunlukla sikloartenol, β -sitosterol, 24-metilensikloartenol, kampesterol) ile *trans*-ferulik (*trans*-hidroksinamik asit) asit esterlerinden oluşmaktadır. Pirinç kepeği yağındaki γ -oryzanol düzeyi genetik ve çevresel faktörlere göre değişmekle beraber ortalama % 0.9-2.9 aralığında bulunmaktadır (Lerma-Garcia ve ark., 2009).

γ -Oryzanol'un termal degradasyona karşı oldukça dirençli olduğu ve 180°C de 8h lik ısı muamele sonunda dahi belirlenebilir düzeyde kaldığı ancak rafinasyonun oryzanol içeriğini % 0.5 lere kadar düşürdüğü rapor edilmiştir (Mezouari ve ark., 2006). Gama-oryzanol üretimine ait işlem basamakları Şekil 4'te görüldüğü gibidir.



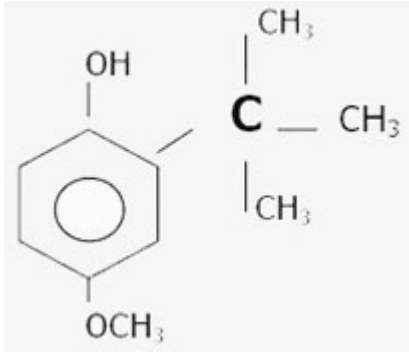
Şekil 4. Gama-oryzanol üretim prosesi işlem basamakları (Anonim5, 2011)

1.9.5. Sentetik Antioksidanlar

1.9.5.1. Bütillenmiş Hidroksianisol (BHA)

Bütillendirilmiş hidroksianisol ($C_{11}H_{16}O_2$), ticari olarak 3-terciyer-butil-4-hidroksianisol (%85) ile 2-terciyer-butil-4-hidroksianisol (%15) izomerlerinin karışımı

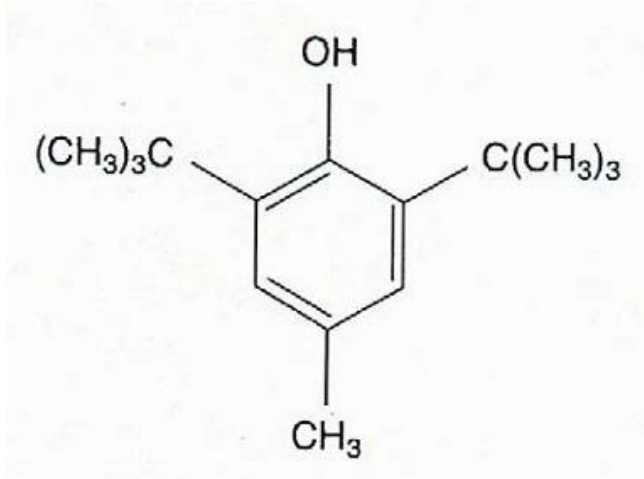
halinde bulunmaktadır. BHA beyaz, mumsu katı bir yapıya sahip, erime noktası yaklaşık 48-63°C olan ve hem hayvansal hem de bitkisel yağlarda çözünebilir ancak suda çözünemeyen bir antioksidan olarak tanımlanmaktadır. Yapısındaki hidroksil gruba karşı orto- veya meta- pozisyonunda yer alan tersiyer bütill grup nedeniyle BHA'ya "engelleyici fenol" adı verilmektedir (Şekil 5). Bu sterik engellenmenin, tersiyer bütill grubun fenolik yapının antioksidatif aktivitesi ile girişim meydana getirmesi ve bu neden ile BHA'nın bitkisel yağlarda etkisinin az olmasına neden olduğu öne sürülmektedir. BHA fırınlama ve kızartma gibi yüksek sıcaklık işlemleri uygulanan yağlarda kullanıldığında, kolaylıkla algılanabilen keskin bir fenolik koku oluşturmaktadır (Gür ve Altuğ, 2006). BHA'nın sodyum ve potasyum gibi alkali metal iyonlarının yüksek konsantrasyonları ile temasa geldiğinde pembe renk oluşumuna sebebiyet verdiği bildirilmiştir (O'Brien, 2004a).



Şekil 5. Bütillendirilmiş hidroksianisol'ün kimyasal yapısı (Anonim3, 2011a).

1.9.5.2. Bütillenmiş Hidroksitoluen (BHT)

Bütillendirilmiş hidroksitoluen ($C_{15}H_{24}O_2$), moleküler yapı olarak BHA'ya benzerlik gösteren bir diğer engellenmiş fenoldür (Şekil 6). Yağlarda iyi çözünebilir ancak suda çözünmeyen, beyaz renkli ve kristal yapıda bir madde olup, erime noktası 69.7°C dir. Bu madde BHA gibi bitkisel yağlarda düşük aktiviteye sahip olmasına karşın diğer antioksidanlar ile beraber kullanıldığında yağın ilave edildiği gıdayı koruma özelliğinden yararlanılmaktadır. BHT, BHA ile sinerjistik etki gösterirken, gallatlar ile sinerjistik etki meydana getirmemektedir (Gür ve Altuğ, 2006). BHT de demir varlığında renkte koyulaşmaya yol açabilmektedir (O'Brien, 2004a).



Şekil 6. Bütillendirilmiş hidroksitoluen'in kimyasal yapısı (Anonim4, 2011b).

1.10. Kızartma Yağlarının ve Kızartılmış Gıdaların Duyusal Değerlendirilmesi

Kızarmış gıdaların (tavuk, balık, patates cipsi vb) duyusal değerlendirmesinin kızartmadan hemen sonra yapılması en uygun görülmüştür (Gupta, 2005). Kızartma işleminde yağda gelişen lezzetin tanımlanması için meyvemsi, yağlı, tereyağı, yanmış ve balığımsı gibi terimler kullanılmıştır. Bitkisel yağların 'Lezzet Panel Değerlendirilmesi' için de 'fındık, tereyağı, mısırimsı, fasulye, hidrojene, yanmış, odunumsu, yağlı, plastiğimsi, kavun, boya, balığımsı' gibi tanımlayıcı terimler önerilmiştir (AOCS, 1997; Choe ve Min, 2007). Oluşan aroma en fazla yağın türü ve tekrarlı kullanımdan etkilenmiştir. Linolenik asidin kızartma sürecindeki oksidasyonu ile fındığımsı ve meyvemsi aroma azalırken, balığımsı aroma da artış olmaktadır. Ayrıca tamamen oksijensiz ortamda lezzetin iyi gelişemediği, ancak yarı-kapalı sistemlerde atmosfer oksijenine açık fritözlerde en iyi aromanın oluştuğu bildirilmiştir.

Ravi ve ark (2005), tarafından yapılan çalışmada hardal yağı, yerfıstığı yağı, ayçiçeği yağı ile susam yağı, rafine palm yağı ve pirinç kepeği yağının 80:20 oranında karıştırılması suretiyle elde olunan karışım yağlar derin kızartma işleminde kullanılmış ve kızartma esnasında oluşan fiziksel ve duyusal değişimler tespit edilmiştir. Yağ karışımlarının tipik koku notalarının yoğunluklarının belirlenmesi eğitilmiş duyusal panelistler tarafından gerçekleştirilmiştir. Hardal yağında sülfürümsü, keskin ve ekşi, yerfıstığı yağında fındığımsı ve tatlı, ayçiçeği yağında tatlı ve tohumlu, susam yağında tohumlu ve topraklı, rafine palm yağında kavuzumsu ve pirinç kepeği yağında bezelyemsi ve kepeğimsi lezzetlerin yedinci kızartmanın sonuna doğru önemli derecede azalma gösterdiği rapor edilmiştir.

Xu ve ark (1999), üç farklı düzeyde (düşük, orta, yüksek) linolenik asit içeren yüksek oleik asitli kanola yağı, yüksek oleik asitli ayçiçek yağı, ticari palm olein ve kısmi hidrojene kanola yağından oluşan altı bitkisel yağın kızartma performansını değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, kızartma esnasında oluşan fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişimleri incelemişlerdir. Yapılan duyuşal değerlendirme sonucunda, kızartılan cipslerde oluşan istenmeyen lezzetin, kızartma yağına kıyasla daha yüksek skora sahip olduğu bildirilmiştir. Kızartma esnasında lezzet ve genel kaliteye verilen skorlarda önemli bir değişim meydana gelmemesi 80 saatlik kızartma süresince tüm yağların yüksek lezzet ve aroma stabilitesine sahip olduğunu işaret etmektedir. Bununla birlikte, diğer yağlara kıyasla kısmi hidrojene kanola yağının lezzet ve genel kalite yönünden daha düşük skorlara sahip olduğu rapor edilmiştir.

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Kızartma yağlarında yağın kullanım ömrünü artırmak, hazırlanan ürünün kalitesini ve besin değerini geliştirmek, atık yağ oranını azaltmak için yararlanılan çoğu teknikten (uygun kızartma yağı ve ekipmanının seçimi, kızartma sıcaklığı ve süresinin optimizasyonu, filtreleme, adsorban materyallerle aktif filtrasyon, kontrollü atmosfer uygulaması, taze yağla dilüsyon gibi) bir tanesi de yağa antioksidan madde ilavesidir. Yemeklik yağlar geleneksel olarak bazı sentetik antioksidanlarca (BHA, BHT, TBHQ, Gallatlar vb.) katkılanmaktadır. Ancak son yıllarda ortaya çıkan bulgular ve sağlık konusundaki endişeler bu sentetik katkıları yerine gıdalarda doğal olarak bulunan antioksidanların (tokoller, polifenoller vb.) kullanımının daha avantajlı olabileceğini ortaya koymuştur. Bundan dolayı son yıllarda birçok gıda, gıda yan ürünü ile tarımsal ve biyolojik kaynaklar doğal antioksidan kaynağı olarak araştırılmıştır. Gerek yemeklik yağlarda gerek diğer formüle gıdalarda bu ekstraktlar halen ticari olarak da kullanılmaktadır.

Bu alanda yapılmış çok fazla sayıda araştırma bulunmaktadır ve bu çalışmalarda çok çeşitli hammaddeler antioksidan kaynağı olarak değerlendirilmiştir.

Faraq ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, zeytin yaprakları preslenerek elde edilen özsu ayçiçek yağına katılmış ve 180 °C de 5 gün ısıtılmıştır. En iyi korumanın 800 ppm polifenol madde eşdeğerindeki katkılama ile sağlandığı gösterilmiştir.

Benzer bir diğer çalışmada da zeytin yaprağından elde edilen ekstraktla çeşitli yağlar 11 mg ekstrakt/g yağ olarak zenginleştirilmiş ve stabilite çalışmaları yapılmıştır. Katkılanmış yağların çok daha dayanıklı olduğu ispatlanmıştır (Andrikopoulos ve ark., 2007a). Aynı grubun yaptığı bir diğer çalışmada, 120 ve 240 mg polifenol eşdeğeri zeytin yaprağı ekstraktı palm, zeytin ve ayçiçeği yağına katılarak patatesler tavada kızartma işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçta hem yağın dayanımının arttığı hem de kızartılan patateslerle birlikte vücuda oleuropein alındığı belirlenmiştir (Andrikopoulos ve ark., 2007b).

Laboratuvarımızda yürütülen bir çalışmada (Aydeniz ve Yılmaz, 2011) zeytin ve fındık yaprağı ile fındık çotanağından fenolik ekstraktlar hazırlanarak kanola yağına 200

ppm fenolik madde eşdeğerinde katkılanmış ve 180°C de 35 h kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kızartma bitiminde doğal antioksidanlarla katkılanmış örneklerin kontrole kıyasla daha yüksek fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değerine sahip olduğu, *trans* asit oluşumunun daha az olduğu, katkılamanın kızartma yağının ısıl dayanımını artırdığı ve istatistik olarak önemli faydalar sağladığı, kızartılan hamurlar arasında duyuşal özellikler açısından kabul edilebilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Literatüre genel olarak göz atıldığında, kızartma yağlarının izin verilen düzeylerde sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmasının polar madde, serbest asitlik, peroksit ve konjuge dien değerlerinde azalmaya, dumanlanma noktası, toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasite gibi analitik değerlerde ise artışa sebep olduğu, yağ kalitesinin iyileştirilmesinde olumlu etkiler gözleendiği sonucuna varılmıştır.

2.1. Yeşilçay Ekstraktı

Yeşilçay yaprakları, kuru ağırlık üzerinden % 36 polifenol içermektedir. Kateşinler yeşilçay polifenollerinin baskın grubudur ve (-)epikateşin (EC), (-)epikateşingallat (ECG), (-)epigallokateşin (EGC), (-) epigallokateşin gallat (EGCG), (+) kateşin ve (+)gallokateşin (GC) den oluşmaktadırlar. Son yıllarda, kateşinlerin antimutajenik ve antitumor aktiviteleri ile ilgili olarak fizyolojik öneme sahip oldukları, kanserin önlenmesinde etkili olabilecekleri üzerinde durulmaktadır. Buna ilaveten, kateşinler ve diğer flavonoidler oksijen radikallerinin temizlenmesi ve metal iyonları ile şelat oluşturulması bakımından etkili birer antioksidan olarak kabul edilirler. Domuz yağında, yeşilçay ekstraktı ile kateşinlerin tek başına antioksidatif etkilerinin incelendiği bir çalışmada, her iki materyalinde peroksit oluşumunun azaltılmasında alfa-tokoferol ve BHA ya kıyasla daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Wanasundara ve Shahidi, 1998).

Çay katesinlerinin bitkisel yağlar ve yağ içeren besinlerde lipidlerin oksidasyonunu önlemek amacıyla katkı maddesi olarak kullanılabileceği önerilmiştir (Yılmaz, 2006). Chen ve Chan (1996), kanola yağının oksidasyonunda jasmine çayı etanol ekstraktının BHT ile kıyaslandığında daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu, yeşilçay kateşinlerinin 95°C de kanola yağında oldukça güçlü antioksidant aktivite sergilediğini bildirmiştir.

Chu ve Hsu (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, kateşinlerin tek başına ve diğer bazı antioksidanlarla (fosfolipidler, askorbil palmitat, biberiye, tokoferol) birlikte kullanımının kontrol yağına kıyasla yerfıstığı yağının stabilitesini önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir.

2.2. Likopen Ekstraktı

Kırmızı renkli, yağda çözünen, bitki ve mikroorganizmaları oksijen ve ışığın toksik etkilerine karşı koruyan bir pigment olan likopen, hayvan ve insanda sentez edilmeyen, diyetel kaynaklardan sağlanan bir karotenoiddir. Başlıca likopen kaynakları; domates (*Lycopersicon esculentum*) ve domates ürünleridir. Likopenin biyoyararlanımı ve absorpsiyonu besinsel yağların ya da diyetteki diğer karotenoidlerin bulunmasıyla artırılabilir. Yağda pişirilen domates suyu, ısıtılmamışa göre 2-3 kat yüksek biyoyararlanım gösterir. Bu nedenle spagetti sosu, domates çorbası, domates sosu, domates salçası, ketçap gibi ürünlerin biyoyararlanımı daha yüksektir. Yağ içindeki sentetik likopenin biyoyararlanımı, buharda pişirilen ve püre domatesten üç kat fazla bulunmuştur. Likopen *in vivo* ve *in vitro* antioksidan etkiye sahiptir. Endojen antioksidan savunma enzimleri olan glutasyon peroksidaz, glutasyon-transferaz ve glutasyon redüktazı indükleyerek dolaylı antioksidan aktivite göstermesinin yanı sıra peroksil radikalleri gibi serbest radikalleri süpürür, singlet oksijeni yakalar, hidrojen peroksit ve azot dioksiti inaktive eder. Likopenin biyolojik etkilerinin ve insan sağlığına yararlarının, antioksidan etkileri sonucu oksidatif hasara karşı koruyuculuğuna bağlı olduğu kabul edilmektedir. Likopenin lipofilik özelliğinden dolayı serbest radikal süpürücü yeteneği, lipofilik ortamda daha yoğundur. Radikal yakalayıcı aktivitesi β -karotenin iki katı, α -tokoferolün ise on katıdır (Tokaç, 2007). İşleme sırasında vitamin ve mineral gibi besinsel öğelerin kaybı nedeniyle genel olarak işlenmiş besinlerin tazelerine oranla daha az değer taşıdığı kabul edilmektedir. Ancak, Chang ve ark (2005), tarafından yapılan bir çalışmada buğulama, mikrodalga ve kavurma gibi ısısız işlemlerin sonrasında likopenin antioksidan etkisinin daha yüksek olduğu, ısıtılmış domates suyunda işlenmemişe oranla daha fazla likopen içeriği bulunduğu bildirilmiştir.

2.3. Üzüm Çekirdeği Ekstraktı

Shaker (2006), ayçiçek ve konjuge ayçiçek yağlarının lipid oksidasyonu üzerine Fransız kırmızı üzüm çekirdeği ve kabuğu etanolü ekstraktlarının antioksidatif etkisini incelemiştir. 7 gün boyunca 60°C de karanlıkta depolama şartlarında sağlanan oksidasyonun ölçütü olarak birincil (konjuge dienler) ve ikincil oksidasyon (propanal, 1-penten-3-one, heksanal and oktanal) ürünleri oluşumunun incelendiği bu çalışmada, ekstrakttaki 200 ppm fenolik içeriğinin konjuge dien hidroperoksitleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı, 6 gün sonra ise konjuge ayçiçeği yağındaki ikincil oksidasyon ürünleri üzerine her iki ekstraktında yüksek antioksidatif etki gösterdiği tespit edilmiştir.

2.4. Saflaştırılmış γ - Oryzanol Ekstraktı

Farmasötik ve kozmetik bitkisel yağların oksidatif stabilitesi üzerine γ -oryzanolün antioksidatif etkisinin, hızlandırılmış oksidasyon testinde değerlendirildiği ve BHA ve BHT gibi etkisi iyi bilinen antioksidanlarla karşılaştırıldığı bir çalışmada, γ -oryzanolün 2,2-azobis(2,4-dimethylvaleronitrile) (AMVN) tarafından teşvik edilen lipid peroksidasyonunu engelleme yeteneğinde organik bir radikal temizleyici olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, 2.5 ile 10 mmol/kg aralığında değişen konsantrasyonlarda yağlara ilave edildiği zaman, doza bağımlı olarak indüksiyon zamanını artırdığı ve özellikle yüksek derecede çoklu doymamış yağ asidi içeren yağların oksidatif stabilitesini geliştirdiği, sonuç olarak, γ -oryzanolün lipidik ham materyallerin stabilizasyonunda potansiyel bir uygulamaya sahip olabileceği ortaya konmuştur. Buna ilaveten lipid profilini düzenleyici, total kolesterol seviyesini indirgeyici etkileri de göz önde bulundurulduğunda γ -oryzanolün gıda, farmasotik ve kozmetik alanında multifonksiyonel bir ingredient olarak değerlendirilebileceği söylenebilir (Juliano ve ark., 2005).

Chotimarkorn ve ark. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada, uzun taneli pirinç kepeği metanollü ekstraktının 30 günlük depolama süresince tuna yağının oksidatif stabilitesi üzerine (0.025%, 0.05% and 0.1% w/w) antioksidatif ve kompozisyonel etkileri, BHT ile karşılaştırılmak sureti ile γ -oryzanol ve nispi tokoferol içeriği, *p*-anisidin değeri, peroksit değeri, oksijen tüketimi ve yağ asiti kompozisyonunda meydana gelen değişiklikler izlenerek incelenmiştir. Tuna yağının oksidatif stabilitesi depolama süresince ekstrakt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak artarken, ekstrakt içeren yağın tokoferol ve fenolik içeriği, peroksit değeri, *p*-anisidin değeri, oksijen tüketimi ile yağ asidi kompozisyonunda önemli değişikliklere sebep olan lipid peroksidasyonunun oluşumu esnasında önemli derecede azalmıştır. Buna rağmen, ekstrakt içeren yağın γ -oryzanol içeriğinde depolama süresince önemli bir azalma gözlenmemiştir. Uzun taneli pirinç kepeği metanollü ekstraktının tuna yağına eklenmesinin, depolama esnasında oluşan lipid peroksidasyonunun önemli derecede geciktirebileceği, bu bakımdan pirinç kepeği ekstraktlarının çoklu doymamış yağ asitlerince zengin ürünlerde lipid oksidasyonunun engellenmesi için doğal bir antioksidan olarak yararlanılabileceği rapor edilmiştir.

Bu araştırmada hedeflemiş olduğumuz amaçlar aşağıda sıralandığı gibidir;

1. Taze çay yaprağı, üzüm çekirdeği ve domatesten uygun yöntemle ekstrakte edilmiş olan antioksidan bileşenler ile pirinç kepeğinden ekstrakte edilmiş olan saf γ -

- oryzanol'ün toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasites değerinin (TEAC) belirlenmesi,
2. Derin-yağda kızartma koşullarında bu ekstraktların yağın kullanım ömrünü nasıl etkilediğinin ölçülmesi,
 3. Katılan bu ekstraktların kızartılan ürünün ve kızartma yağının duyusal özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi,
 4. Doğal antioksidan ekstraktlarının etkenliğinin aynı koşullarda kullanılan sentetik antioksidan karışımı BHA:BHT ve kontrolle (herhangi bir antioksidan katkılanması yapılmamış) karşılaştırılmasının yapılmasıdır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyaller

Bu çalışmada kızartma yağı olarak rafine yerfıstığı yağı (Helvacızade A.Ş., Konya) kullanılmıştır. 2 lt lik pet şişeler içerisinde temin edilen rafine yağlar kızartma işlemine kadar 20°C'yi geçmeyecek şekilde serin ve ışık görmeyen bir ortamda muhafaza edilmiştir. Çalışmada yararlanılan sentetik [BHA (Kemin Food Technologies, Belçika), BHT (Vankim Kimya, İstanbul)] ve doğal antioksidanlar [Yeşilçay (Çaykur-Organik Zümrüt Yeşilçay, Rize), saflaştırılmış γ -Oryzanol (Oryza Oil & Fat Chemical Co.Ltd. (Japonya), Üzüm çekirdeği (% 99 *trans*-resveratrol, DSM, İsviçre), Likopen (% 10 likopen, DSM, İsviçre) ilgili firmalardan ücretsiz olarak temin edilmiştir. Her bir kızartma sonucunda alınan örnekler ise ağzı kapalı amber renkli şişelerde buzdolabında saklanmıştır. Hamur hazırlamak için Kepez Un (Çanakkale), Dr.Oetker Instant Maya ve sofr tuzu kullanılmıştır. Hamurların hazırlanması için, 5 birim un ile 3 birim su karıştırılıp, az miktarda maya ve tuz (her biri hamur ağırlığının %0,4'ü oranında) ilave edildikten sonra iyice yoğrulmuştur (Çizelge 11). Mayalanması için 30 dakika boyunca 40°C de bekletilen hamur, her bir hamurun ağırlığı 28-35 g olacak şekilde yuvarlak parçalar halinde hazırlanmıştır.

Çizelge 11. Kızartma çalışmasında kullanılan hamurun bileşimi

	Un	Su	Maya	Tuz
Hamurun Bileşimi (%)	62,18	37,31	0,24	0,24

Analizlerde kullanılan dietil eter, etanol, petrol eteri, izooktan, n-hekzan, kloroform, asetik asit, hidroklorik asit, sodyum tiyosülfat, potasyum iyodür, sodyum hidroksit, fenol fitaleyn, silika jel, gallik asit, sodyum karbonat, Folin-Ciocalteu ayırıcı, troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit), ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenztiyoazolin-6-sülfonik asit) kimyasalları Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD) firmalarından satın alınmıştır.

3.2. Yöntemler

3.2.1. Bitkisel Ekstraktların Hazırlanması

3.2.1.1. Yeşilçay Ekstraktının Hazırlanması

Yeşilçay yaprakları (Organik Zümrüt Yeşilçay, Çaykur, Rize) 40°C de 6 saat kurutulduktan sonra blendır (Warring Blender 7011S, Warring Laboratory, USA) 'da öğütülmüştür. Ekstraksiyon sıvısı olarak metanol:su (80:20) kullanılmıştır. Sıvı:katı oranı 20:1 (v/w) olacak şekilde rotary balonuna aktarılan içerik 45°C de 200 rpm'de 2 saat ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Süre sonunda tüm içerik 4°C'de 4000 rpm'de 10 dk santrifüj edilerek üst faz ayrılmış, rezidü üzerine 30 ml daha ekstraksiyon sıvısı ilave edilerek 6000 rpm'de 10 dk tekrar santrifüj edilmiştir. Biriktirilen tüm üst fazların içerdiği metanol ve su fazı 45°C de vakum altında uzaklaştırılmıştır. Antioksidan aktivite ölçümü için ekstraktlar buzdolabı şartlarında depolanmıştır.

3.2.1.2. Saflaştırılmış γ -Oryzanol Ekstraktının Hazırlanması

Saflaştırılmış γ -Oryzanol (C₄₀H₅₈O₄) ekstraktı Oryza Oil & Fat Chemical Co.Ltd. (Japonya) firmasından ücretsiz olarak temin edilmiştir. Ekstrakta ait bazı karakteristikler Çizelge 12'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 12. Saflaştırılmış γ -oryzanol'un karakteristik özellikleri

Karakteristikler	Değerler
γ -oryzanol saflığı	98.1 %
Görünüm	Beyaz kristal toz
Ağır metaller	10 ppm den daha az
Arsenik	1 ppm den dah az
Toplam canlı sayısı	1*10 ² cfu/g dan daha az
Küf ve maya	1*10 ² cfu/g dan daha az
Koliform	Negatif

3.2.1.3. Üzüm çekirdeği ve Likopen Ekstraktlarının Hazırlanması

Üzüm çekirdeği (% 99 *trans*-resveratrol, Resvida) ve likopen (% 10 likopen, Redivivo) ekstraktları DSM Nutritional Products (İsviçre) firmasından ücretsiz olarak temin edilmiştir. Söz konusu bitkisel ekstraktların karakteristik özellikleri Çizelge 13 ve 14'te görülmektedir.

Çizelge 13. Üzüm çekirdeği ekstraktının (Resvida) karakteristik özellikleri

Karakteristikler	Değerler
<i>Trans-resveratrol içeriği</i>	99.1 %
Görünüm	Açık gri kristal toz
Ağır metaller	10 ppm den daha az
Toplam canlı sayısı	0
Küf ve maya	0
Koliform	Negatif
<i>Staphylococcus aureus</i>	Negatif
<i>Salmonella spp.</i>	Negatif

Çizelge 14. Likopen ekstraktının (Redivivo) karakteristik özellikleri

Karakteristikler	Değerler
<i>Trans-resveratrol içeriği</i>	10.8 %
Görünüm	Kahverengi-viyole kristal toz
Ağır metaller	10 ppm den daha az
Toplam canlı sayısı	<1000 CFU/g
Küf ve maya	<100 CFU/g
Koliform	Negatif
<i>Staphylococcus aureus</i>	Negatif
<i>Salmonella spp.</i>	Negatif

3.2.1.4. Sentetik Antioksidantların Hazırlanması

Çalışmada sentetik antioksidan olarak BHA (Kemin Food Technologies, enhance-brand BHA dry, Belgium) ve BHT (Vankim Kimya, İstanbul) kullanıldı. Antioksidan aktivite ölçümü için sentetik antioksidanların 1:1 lik (w/w) karışımları hazırlanmıştır.

3.2.2. Sentetik ve Doğal Antioksidanlarla Kızartma Yağının Katkılanması

Gıda katkı maddeleri için FAO/WHO tarafından hazırlanan genel standartta (GSFA, Codex STAN 192-1995) yer alan ve bitkisel yağlara katılmasına izin verilen sentetik antioksidanların kullanım limiti 200 ppm dir. Yağa katılacak olan bitkisel ekstrakt miktarı hesaplanırken, her bir ekstraktın sentetik antioksidan karışımında ölçülecek olan toplam antioksidan (TEAC) içeriğine eşdeğer antioksidan etki gösteren miktarı esas alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle hazırlanan sentetik antioksidan karışımının (BHA:BHT=1:1, w/w) antioksidan aktivitesi ölçülmüştür (Çizelge 15). Kızartma yapılacak yağ hacmi 1500 g olarak belirlendiğinden ötürü, sentetik antioksidan katım düzeyi 300 mg olarak belirlenmiş ve yağa ilave edilmiş, daha sonra her bir doğal antioksidan ekstraktı uygun solventler içerisinde çözündürülerek antioksidan kapasiteleri ölçülüp, bahsi geçen

sentetik antioksidan karışımının 300 mg'ına denk gelen antioksidan kapasiteye eşdeğer miktarları yerfıstığı yağına ilave edilmiştir (Sentetik antioksidan karışımı için antioksidan kapasite değeri 1045,90 mMol Trolox/g olarak tespit edilmiştir; gerçek katım düzeyinin 300 mg olduğu düşünüldüğünde bu değer 313,77 mMol Trolox/0.3 g olmaktadır).

Çizelge 15. Yerfıstığı yağının katkılanmasında kullanılan sentetik ve doğal antioksidanların antioksidan kapasite (mMol Trolox/g ekstrakt) değerleri ve yağ katım düzeyleri

Örnek adı	mMol trolox/ g extract	Katkılama Düzeyi (g) (313,77 mMol Trolox'a eşdeğer düzey)
Sentetik antioksidan karışımı [BHA:BHT (1:1)]	1045,90	0,3
Yeşilçay ekstraktı	1442,22	0,21
Likopen ekstraktı	76,341	4,11
Üzüm çekirdeği ekstraktı	6251,95	0,05
γ -oryzanol ekstraktı	72,63	4,32

Her bir ekstraktın hesaplanan miktarı önce 100 g yağ (100°C) ilave edilmiş ve 7 dakika boyunca homojenize (8000 rpm) (Ultra Turrax, Ika Werke, Almanya) edilmiştir. Böylece fenolik ekstraktın yağ içinde iyice dağılması sağlanmıştır. Daha sonra bu yağ, fritöz içerisindeki stok yağ eklenerek iyice karıştırılmıştır. Henüz kızartma işlemine başlanmadan önce taze yerfıstığı yağından 100 ml örnek alınarak renkli şişelerde muhafaza edilmiştir.

3.3. Kızartma İşlemi

Kızartma işlemi için Arnica Z27A (Arnica, Türkiye) tip fritözler (2.7 L) kullanılmıştır. Kızartma prosesi altı farklı deneme grubunda, aynı koşullar altında yürütülmüş ve 7 gün (35h) 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 (2 adet hamur) olacak şekilde toplam 20 hamur kızartılmıştır. Her bir yağ 'Kontrol', 'Sentetik antioksidanlarla katkılanmış', 'Yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış', 'Üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış', 'Likopen ekstraktı ile katkılanmış' ve 'Saflaştırılmış γ -Oryzanol ile katkılanmış' olarak altı ayrı grupta ikişer tekerrürlü olarak kızartılmıştır. Kontrol kızartmada yağlara herhangi bir antioksidan katkılanması gerçekleştirilmemiştir.

Kızartma işleminin başlangıcında fritöz haznesi 1500 gram yağ ile doldurulmuştur. Ardından fritöz fişe takılarak yağın yarım saat içinde ayarlanmış sıcaklık olan 180 °C'ye

ulaşması sağlanmıştır. Yarım saatin sonunda ilk iki hamur atılarak kızartma işlemine başlanmış ve hamurların her biri 10 dakika 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 (+4 °C) saklanmıştır. Her gün içerisinde kızartılan hamurlar soğuduktan sonra buzdolabı poşetlerine konularak etiketlenmiş ve analizlere kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

3.4. Fiziksel Özellikler

3.4.1. Viskozite Değeri

Belirli miktarda yağ (7,5 ml) alınarak 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) tespit edilmiştir (Bozdoğan, 2002).

3.4.2. Türbidite (Bulanıklık) Değeri

Yağ örneklerinin bulanıklığı HACH 2100AN laboratuvar tipi türbidimetre (USA) 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.

3.4.3. Dumanlanma Noktası

Yağ örneklerinin dumanlanma noktası AOCS’nin Cc 9a-48 metodu esas alınarak ölçülmüştür (AOCS, 1998d). Buna göre yaklaşık 30 ml yağ örneği cam bir behere (50 ml) aktarıldıktan sonra kademeli olarak sıcaklığı artan bir yüzey ısıtıcı üzerine yerleştirilmiştir. Kabın yüzeyinden gözlem yaparak bir termometre yardımıyla ilk mavi renkli dumanın belirdiği sıcaklık tespit edilmiştir. Açığa çıkan dumanın rahat bir şekilde gözlemlenmesi için kabın arkasına bir koyu renkli bir levha yerleştirilmiştir.

3.4.4. 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).

3.5. Kimyasal Özellikler

3.5.1. Toplam Polar Madde (Kolon Kromatografisi)

Bu yöntemin esası kolon kromatografisiyle yağlardaki polar ve non-polar bileşenlerin birbirinden ayrılmasının sağlanmasıdır. Bunun için non-polar maddeler uygun bir çözügenle yağlardan ayrıştırılmaktadır. Polar bileşenlerin miktarı, kolona eklenen yağ numunesinin ağırlığı ile ayrıştırılan non-polar bileşenlerin ağırlıkları farkı hesaplanarak tespit edilmektedir. Toplam polar maddelerin analizi için AOCS'nin Cd 20-91 resmi metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998a). Buna göre kromatografik bir kolon (21 mm çapında, 450 mm uzunluğunda ve kesme musluğuna sahip) yaklaşık 15 ml petrol ve dietil eter (87:13 v/v) karışımıyla doldurulmuştur. Pamuk topağı cam çubuk yardımıyla kolonun dibine yerleştirdikten sonra 12,5 g silika jel (Silica Gel 60: 0,063-0,200 mm partikül büyüklüğünde, Merck Ltd., Darmstad, Almanya), 40 ml çözügen karışımıyla bulamaç haline getirilmiş ve kolona dökülmüştür. Elüsyon sıvısı, silika jelin 10 cm yukarısında hizaya gelinceye kadar musluktan boşaltılmıştır. Yaklaşık 2 g yıkanmış 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 çözüldürülmüş ve ardından 50 ml balon joje içerisine aktarılarak 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 çözügen içerisindeki numune miktarı

m₁ = Polar olmayan kısmın ağırlığı

3.5.2. Toplam Polar Madde (Food Oil Sensor)

1970'lerin sonunda kullanılmaya başlanan 'Food Oil Sensor' (FOS) yağdaki toplam polar madde miktarını oransal olarak belirlemek için kullanılmaktadır. Enstrüman kızartma

yağlarında dielektrik sabiti değerindeki değişikliklerin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu değer, yağdaki polar materyallerin oluşumunu arttıkça yükselmektedir (Gupta, 2005). Çalışmamızda bu amaçla Testo 265 (Lenzkirch, Almanya) adlı cihaz 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.

3.5.3. 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 fitaleynin 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

3.5.4. Konjuge Dienoik Asitlerin Spektrofotometrik Tayini

Konjuge dienoik asitlerin tayini, Agilent 8453 UV-Visible Spektrofotometrede (Waldbrann, Germany) ölçülmüştür. AOCS'nin Ti 1a-64 resmi metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998c). Buna göre cihaz öncelikle 233 nm dalga boyunda saf izooktana 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 absorbansı 233 nm'de ölçülerek formülde yerine yerleştirilmiştir. 0,900'ün üzerinde okunamayan absorbans değerleri için çözelti uygun oranlarda seyreltilmiştir.

Hesaplama;

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

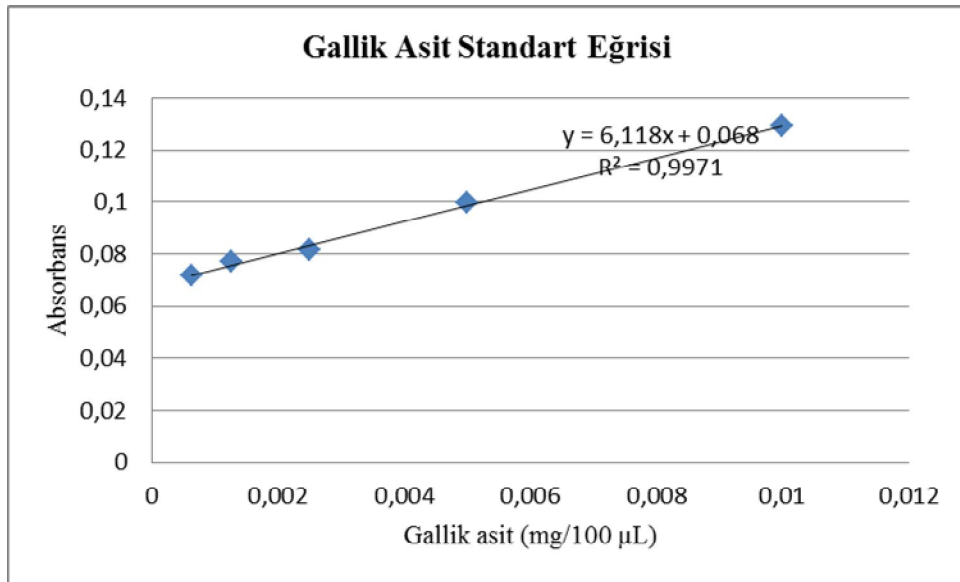
A = 233 nm'deki absorbans değeri

b = küvetin genişliği (cm)

c = Çözeltinin konsantrasyonu (mg/L)

3.5.5. Toplam Fenolik Madde Ölçümü

Bitki ekstraktlarındaki toplam fenolik madde miktarı Chotimarkorn ve ark. (2008) tarafından belirtilen tekniğe göre ölçülmüştür. Bu amaçla 250 µl ekstrakt alınarak, üzerine 500 µl (1/10) Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edilmiştir. Karışım üzerine 6 ml distile su eklenerek kuvvetlice vortexlenmiş, daha sonra 2 ml Na₂CO₃ çözeltisi (% 15 w/w) de ilave edilerek 2 dk daha kuvvetlice vortexlenmiştir. Son hacim 10 ml ye tamamlandıktan sonra karanlıkta oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiş ve absorbans okuması 750 nm dalga boyunda Agilent 8453 UV-Visible Spektrofotometre (Waldbrann, Almanya) 'de gerçekleştirilmiştir. Kantitasyon daha önce hazırlanmış gallik asit standart eğrisi (R²=0,997) üzerinden hesaplanarak yapılmıştır (Şekil 7). Sonuçlar mg gallik asit/g ekstrakt (veya 100g yağ) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 7. Gallik asit standart eğrisi.

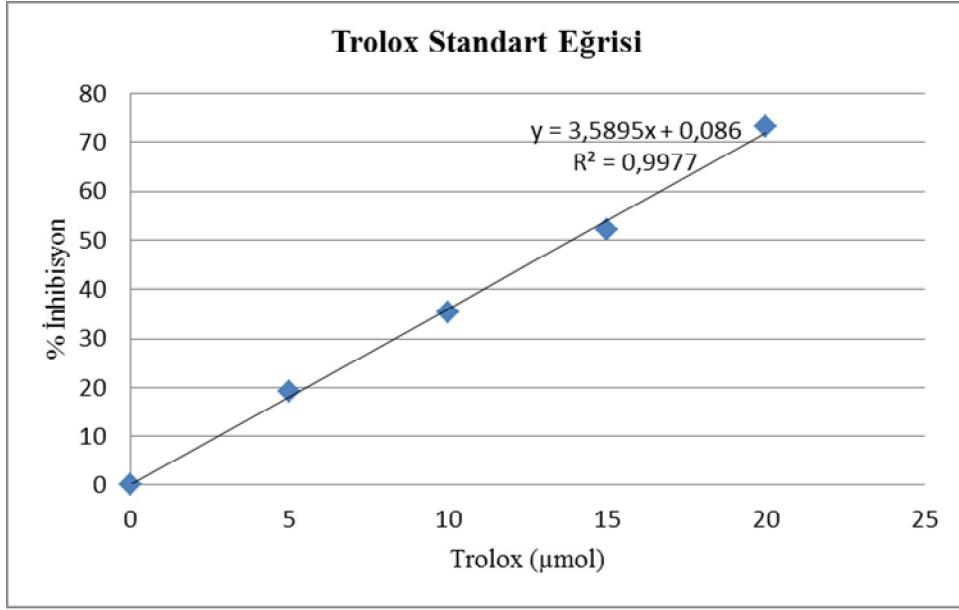
Aynı ölçüm tekniği daha sonra kızartma yağlarındaki toplam fenolik madde içeriğini ölçmek için de kullanılmıştır. Kızartma yağlarından fenolik madde ekstraksiyonu, yağ

örneklerinin (1:1 = yağ:çözgen, w/w) üzerine ilave edilen su:metanol (60:40) çözgeniyle 1dk kuvvetlice vortexlenmesinin ardından, santrifüj edilmesi (8000 rpm, 4°C, 10dk) ve metanollü alt fazın ayrılması; kalan rezidü üzerine tekrar çözgen ilavesi yapılarak aynı işlemlerin bir kez daha tekrar edilmesi suretiyle yapılmıştır.

3.5.6. Antioksidan Kapasite Ölçümü

Bitkisel ekstraktlarda ve yağ örneklerinde antioksidan kapasite ölçümü Re ve ark. (1999) ın belirttiği tekniğe göre gerçekleştirilmiştir. Yağ örneklerinde, toplam fenol ölçümü için hazırlanan ekstraktlar bu amaçla da kullanılmıştır.

Örneklerinin antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla TEAC (trolox equivalent antioksidan kapasitesi) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem mavi yeşil renkli stabil bir bileşik olan ABTS [2,2-Azinobis-(3-Etibenzotiozidin-6-Sulfonik asit)] radikalinin indirgenmesi sonucu renkte oluşan azalmanın spektrofotometrik olarak ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Antioksidan standardı olarak bir E vitamini analogu olan Trolox kullanılmış ve son konsantrasyon 5-20 µm olacak şekilde %80 etanol yardımıyla trolox standartları hazırlanarak ve standart eğrinin (Şekil 2) çizimi için kullanılmıştır. Radikal çözeltisine (1000 µl) farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart çözeltileri ekledikten sonra 6 dakika boyunca çözelti renginde meydana gelen azalma spektrofotometrik olarak ölçülmüş ve bu süre sonunda kaydedilen absorbans değerleri konsantrasyona karşı grafiğe aktarılarak Trolox standart eğrisi çizilmiştir. Analize alınan örneklerin antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla radikal çözeltisine üç farklı hacimde örnek ekstraktı eklendikten sonra 6 dakika boyunca çözelti renginde meydana gelen azalma spektrofotometrik olarak ölçülmüş ve bu süre sonunda okunan absorbans değeri kaydedilerek % inhibisyon oranı hesaplanmış ve Trolox standart eğrisi (Şekil 8) yardımıyla katkılanarak kıvartmaya tabi tutulmuş yağ örneklerinin TEAC değerleri (milimol TE/100g yağ) tespit edilmiştir.



Şekil 8. Trolox standart eğrisi.

3.6. Enstrümental Analizler

3.6.1. Kızartma Yağlarının Yağ Asiti Kompozisyonu Tayini

Herhangi bir işlem uygulanmamış taze yerfıstığı yağı ile ve antioksidanlarla katkılanmış ve katkılanmamış (kontrol) grubunun yedinci kızartma gününe ait yağ örneklerinde yağ asiti kompozisyonu tayini gerçekleştirilmiştir.

Yağ asitleri analizi Perkin Elmer Auto System XL (Perkin–Elmer, USA) gaz kromatografisi, alev iyonizasyon detektörü ve SP 2330 (30mx0.25mmx0.20µm) kapiler kolon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırası ile önce 280°C'ye sonra 260°C'ye ayarlanmış, bu esnada fırın sıcaklığı 2 dakika 120°C'de tutulmuştur. Sonrasında her dakika 5°C arttırılarak 220°C'ye kadar getirilip ve bu sıcaklıkta 10 dk bekletilmiştir. Numune ölçüsü 1 µl ve taşıyıcı gaz olarak He kullanılmış; hava basıncı 450 ml/dk, hidrojen basıncı 45 ml/dk ve taşıyıcı gaz basıncı 0.5 ml/dk olarak belirlenmiştir.

3.6.2. Kızartma Yağlarının Sterol Kompozisyonu Tayini

Örneklerdeki toplam sterol bileşimi analizi TSE EN ISO 12228 metoduna göre yapılmıştır (TSE, 2003). Analizin prensibi, deney numunesinin, geri akış altında etanolü potasyum hidroksit çözeltisi ile kaynatılarak sabunlaştırılmasıdır. Sabunlaşmayan madde, alüminyum oksit kolonunda katı faz ekstraksiyonu ile ortamdan ayrılır. Alüminyum oksit kolonu, yağ asiti anyonlarını alıkoymak üzere kullanılır bu esnada steroller kolondan

geçerler. Sterol kısmı, sabunlaşmayan maddeden ince tabaka kromatografisi ile ayrılır. Sterol kısmının nicel ve nitel bileşimleri, iç standart olarak 5 α -kolestan kullanılarak gaz kromatografiyle tayin edilmiştir. Deney numunesinde bulunan sterollerin teşhisi aranmakta olan sterolün alıkonma süresinin (RT) 5 α -kolestan'ın bağıl alıkonma süresine (BAS) bölünmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Toplam sterol miktarı pik alanlarından entegrasyon ile hesaplanmıştır.

Sterol kompozisyonu tayini Perkin Elmer Auto System XL (Perkin–Elmer, USA) gaz kromatografisi, alev iyonizasyon detektörü ve silica kapılar kolon (CP – SİL 24 CB, 30x0,25mm, 60mx0.32mmx1.00 μ m) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırası ile önce 280°C'ye sonra 300°C'ye ayarlanmış, bu esnada fırın sıcaklığı 2 dakika 60°C'de tutulmuştur. Sonrasında her dakika 40°C arttırılarak 220°C'ye kadar getirilip ve bu sıcaklıkta 1 dk, bir sonraki basamakta ise dakikada 5°C arttırılarak 310°C de 30 dakika bekletilmiştir. Numune ölçüsü 1 μ l ve taşıyıcı gaz olarak He kullanılmış, hava basıncı 450 ml/dk, hidrojen basıncı 45 ml/dk ve taşıyıcı gaz basıncı 0.8 ml/dk olarak belirlenmiştir.

3.7. 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 çözen olarak hekzan ilave edilmiş ve çözenler ısıtıcı tabla yardımıyla ısıtılarak buharlaştırılmaları sağlanmıştır. Sıcak çözen buharı yoğunlaştırıcıya ilerler, yoğunlaşarak hamur numunesinin üzerine düşer. Ekstraktör haznesinin içine dolan çözen 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 çözgünde çözünür. Hekzanın içinde çözülmüş olan yağ cam balonda kalır ve tekrardan döngüye katılmaz. 4 saatlik ekstraksiyon sonunda cam balonun içinde arta kalan çözen, 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)

3.8. Kızartılmış Hamurların Duyusal Değerlendirmesi

Kontrol grubu ve antioksidanlarla katkılanmış deneme gruplarının 4., 5. ve 6. gününde kızartılan hamur örnekleriyle bir tüketici farklılık testi yapılmıştır. Hazırlanan örnekler üçlü kodlar verilmiş ve tüketicilerin örnekleri görünüş, yapı/tekstür tat/lezzet ve koku/aroma açısından değerlendirmeleri ve en beğendikleri ürün kodunu belirtmeleri istenmiştir. Hazırlanan örneklerin beğenilme durumunu belirlemek için 5-noktalı Hedonik cetvel kullanılarak (1-Hiç beğenmedim, 5-Çok beğendim) tüm örneklerin her biri 100 farklı tüketici tarafından değerlendirilmiştir. Hedonik teste katılan tüketiciler yaşları 20-40 arasında değişen üniversite çalışanları ve öğrencilerden oluşmaktadır (Meilgaard ve ark., 1991). Duyusal değerlendirmede kullanılan hedonik skala örneği Şekil 9'da görüldüğü gibidir.

İsim:	Yaş:	Cinsiyet:			
Size sunulan hamur örnekleri hakkında düşünceleriniz sorulacaktır. Lütfen;					
1) Size verilen örnekleri aşağıda verilen sıraya göre görünüş, yapı/tekstür ve tat/lezzet ve koku/aroma duyuları yönünden değerlendiriniz.					
2) Ürünlerin sizde bıraktığı etkiye göre, aşağıdaki skalayı kullanarak 1 ile 5 arasında bir numarayı daire içersine alınız.					
Puanlandırma: 1:Hiç beğenmedim, 3:Ne beğendim ne beğenmedim, 5:Çok beğendim					
3) Ürünleri, tek tek değerlendirdikten sonra, en çok beğendiğiniz ürünün kodunu aşağıya yazınız.					
Ürün Kodu:	☹	☺	☺		
Görünüş	1	2	3	4	5
Yapı/Tekstür	1	2	3	4	5
Tat/Lezzet	1	2	3	4	5
Koku/Aroma	1	2	3	4	5
Ürün Kodu:	☹	☺	☺		
Görünüş	1	2	3	4	5
Yapı/Tekstür	1	2	3	4	5
Tat/Lezzet	1	2	3	4	5
Koku/Aroma	1	2	3	4	5
En çok beğendiğiniz ürün:					

Şekil 9. Tüketici testinde kullanılan hedonik skala.

3.9. İstatistiksel Analizler

Yapılan tüm istatistik analizlerinde güvenlik sınırı en az %95 seviyesinde tutulmuştur. Yağ örneklerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılmalarında varyans analizi tekniğinden (Tukey testi) yararlanılmıştır. Duyusal özellikler bakımından farklılığın

test edilmesinde ise Bonferroni testi kullanılmıştır. Ayrıca yağ örneklerinde ölçülen parametreler arasındaki ilişki korelasyon analiziyle değerlendirilmiştir. İstatistik analizlerin yapılmasında MINITAB (Ver 16) ve NCSS (2007)/GESS (2006) paket programından yararlanılmıştır.

BÖLÜM 4**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

Bölüm 2' nin sonunda yer verilmiş olan amaçlar doğrultusunda, bir önceki bölümde anlatılan materyaller ve metodoloji kullanılarak aşağıda ifade edilmiş bulgulara ulaşılmıştır. Çalışmanın başlangıcında sentetik ve doğal antioksidanların uygun metodla (Re ve ark., 1999) antioksidan kapasite değerleri tespit edilmiş ve sonuçlar Çizelge 15 (sy 36)' de gösterilmiştir.

Kızartma materyali olarak, ülkemiz ham yağ açığının giderilmesi ve bu yolla olan döviz kaybının azaltılması açısından önemli bir yağ bitkisi olarak karşımıza çıkan yerfıstığı yağı tercih edilmiştir. En iyi kızartma yağlarının mono-enoik asit grubu (Çizelge 8) ve dumanlanma noktası yüksek yağlar olduğu göz önüne alındığında bu seçimin yeterince uygun olduğu ortaya çıkmaktadır. Sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılama (rafine taze yerfıstığı yağı) önce ve sonra bazı parametreler ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 16 ve 17'de gösterilmiştir. Bu sonuçlar, 7 gün (35h) lik kızartma sürecindeki değişimleri gözlemek bakımından faydalı olacaktır.

Çizelge 16. İşlem görmemiş yerfıstığı yağına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Özellik	Değer
Serbest asitlik (%)	0,09±0,001
Toplam Polar Madde (%)	11,06±1,38
Toplam Polar Madde – Prob (%)	14,52±1,90
Konjuge Dieonik Asit (%)	0,011±0,001
Viskozite (cP, 25 °C)	74,89±1,06
Bulanıklık (NTU)	4,00±1,08
Dumanlanma Noktası (°C)	233,50±1,50
Aletsel Renk	L
	a*
	b*
Toplam Fenolik Madde (mg GA/ 100gyağ)	51,44±0,35
Antioksidant Aktivite (milimol Trolox/100gyağ)	3,76±0,17
	10,46±0,54
	1,35±0,60
	3,19±0,18

Her bir yağ için ikişer tekerrür olarak gerçekleştirilen kızartma işlemi sonunda elde edilen örneklerle ait fiziksel ve kimyasal tüm ölçümler 2 paralel, enstrümental ölçümler ise her tekerrürde tek bir kez olarak yürütülmüştür.

Çizelge 17.Sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış yerfıstığı yağına (taze yağ) ait fiziksel ve kimyasal özellikler

	Kontrol	BHA+BHT	Yeşilçay Ekstraktı	Likopen Ekstraktı	Üzüm çekirdeği Ekstraktı	Saflaştırılmış γ -Oryzanol
Serbest Yağ Asitliği (% Oleik Asit) (p=0,018)	0,09±0,001 b*	0,18±0,08 ab	0,09±0,004 b	0,38±0,04 a	0,22±0,01 ab	0,33±0,009 ab
Konjuge Dien (%) (p=0,001)	0,011±0,001 b	0,01±0,009 b	0,01±0,016 b	0,03±0,01 b	0,02±0,004 b	0,115±0,006 a
Toplam Polar Madde (Prob) (%) (p=0,000)	14,52±1,90 b	18,40±1,20 a	16,25±1,40 a	15,10±1,80 b	17,30±3,10 a	16,55±2,80 a
Toplam Polar Madde (Kolon Kromatografisi) (%) (p=0,540)	11,06±1,38 a	14,59±3,43 a	10,72±2,46 a	8,82±0,61 a	14,86±3,84 a	13,34±2,14 a
Viskozite (Cp, 25°C) (p=0,000)	74,89±1,06 a	69,57±0,16 c	71,50±0,19 bc	74,07±0,52 ab	70,57±0,71 c	72,27±0,51 abc
Turbidite (NTU) (p=0,000)	4,00±1,08 d	7,50±1,55 cd	24,00±1,08 a	21,75±1,25 a	14,50±0,64 b	10,25±0,47 bc
Dumanlanma Noktası (°C) (p=0,625)	233,50±1,50 a	238,50±9,50 a	239,00±4,00 a	246,50±5,50 a	236,50±2,50 a	240,00±3,00 a
L* Değeri (p=0,002)	51,44±0,35 a	52,68±0,54 a	52,44±0,23 a	52,03±0,76 a	49,19±1,29 ab	47,49±1,27 b
a* Değeri (p=0,000)	3,76±0,17 b	3,82±0,14 b	3,55±0,02 b	5,35±0,16 a	3,41±0,18 b	4,05±0,47 b
b* Değeri (p=0,000)	10,46±0,54 a	1,44±0,14 b	1,28±0,11 bc	-0,52±0,18 c	0,66±0,72 bc	0,06±0,46 bc
Toplam Fenolik (mg GA/100gyağ) (p=0,075)	1,35±0,60 a	1,66±0,07 a	4,20±1,08 a	1,70±0,41 a	2,69±0,23 a	2,67±0,26 a
Antioksidant Aktivite (milimol Trolox/100gyağ) (p=0,000)	3,19±0,18 c	3,23±0,05 c	11,00±0,48 a	5,81±0,50 b	9,20±0,64 a	8,73±0,46 a

*Aynı satırda küçük harflerle gösterilen veriler, altı yağ örneğinin 0. günde birbirleriyle karşılaştırılmalarını göstermektedir (p≤0,05).

4.1. Kontrol, Sentetik ve Doğal Antioksidanlarla Katkılanmış Yerfıstığı Yağının Kızartma İşlemlerine Ait Veriler

Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen her bir fiziksel, kimyasal ve enstrümental parametrelere ait veriler çizelge 18-33' te sırasıyla gösterilmiştir.

Verilerin istatistiksel olarak karşılaştırılmasında "Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi" nden yararlanılmıştır. Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını, aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar (kontrol, sentetik antioksidan, yeşilçay ekstraktı, likopen ekstraktı, üzüm çekirdeği ekstraktı, saflaştırılmış γ -oryzanol ekstraktı ile katkılanmış) arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Kızartma sırasında oluşan primer oksidasyon ürünleri uygulanan yüksek sıcaklığın etkisiyle parçalanmaktadır. Dolayısıyla peroksit sayısı değerinin kızartma yağlarında oksidasyonun seviyesinin belirlenmesi için uygun olmadığı ve ikincil oksidasyon ürünleri olarak değerlendirilen konjuge dien ölçümünün daha iyi sonuç vereceği bildirilmiştir (Choe ve Min, 2007).

Ultraviyole absorpsiyonda 233 nm dalga boyunda meydana gelen değişim çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda açığa çıkan konjuge dienlerin oluşumu ile ilişkilidir. Yüksek düzeyde çoklu doymamış yağ asitlerini içeren yağlarda, kızartma süresince konjuge dien ve trien düzeyindeki artış daha yüksek seviyede bulunmuştur. (Houhoula ve ark., 2003; Abdulkarim ve ark., 2007)

Çizelge 18'de kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarının konjuge dien içerikleri karşılaştırılmıştır. Konjuge dien içeriği üzerine kızartma süresinin etkisi likopen ekstraktı katkılı grup hariç diğer tüm kızartma gruplarında istatistiksel olarak önemli ($p=0.000$) bulunmuştur. Kızartma süresince kontrol dahil tüm gruplarda konjuge dien içeriğinin önemli oranda arttığı gözlenmiştir.

Tüm deneme grupları dikkate alındığında (Çizelge 18) 7. gün sonunda en düşük konjuge dien içeriğine sahip grup likopen ekstraktı ile katkılanmış yerfıstığı yağı olarak gözlenmiş olup, bunu sırasıyla yeşilçay ekstraktı ve üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış deneme grupları izlemektedir. Saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış yağ da sentetik antioksidanla katkılanmış yağ ile yakın sonuçlar sergilemiştir. Yerfıstığı yağının sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmasının konjuge dien içeriğini önemli derecede

azalttığı, özellikle yeşilçay ve likopen ekstraktı ile katkılanmış yağların 7. kızartma günü sonunda kontrole kıyasla yarı yarıya konjuge dien içerdiği gözlenmiştir.

Çizelge 18. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarının konjue dien (%) içerikleri

Konjuge Dien (%)			
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.000)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)
0 (0,001)	0,011±0,001 D*b**	0,01±0,009 Db	0,01±0,016 Db
1 (0,080)	0,09±0,01 CDa	0,06±0,04 CDa	0,02±0,001 CDa
2 (0,128)	0,09±0,006 CDa	0,07±0,001 BCDa	0,07±0,003 BCDa
3 (0,125)	0,12±0,004 BCDa	0,09±0,006 BCDa	0,07±0,001 BCDa
4 (0,034)	0,15±0,002 BCDab	0,10±0,01 BCDab	0,10±0,0181 ABCab
5 (0,084)	0,18±0,02 BCa	0,15±0,02 BCa	0,12±0,007 Aba
6 (0,057)	0,29±0,03 Aba	0,19±0,02 ABa	0,13±0,01 Aba
7 (0,188)	0,40±0,07 A*a	0,27±0,02 Aa	0,18±0,02 Aa
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0,632)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.007)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.007)
0 (0,001)	0,03±0,01 Ab	0,02±0,004 Bb	0,115±0,006 Ca
1 (0,080)	0,03±0,01 Aa	0,04±0,004 Ba	0,145±0,01 BCa
2 (0,128)	0,05±0,04 Aa	0,11±0,03 Aba	0,175±0,001 ABCa
3 (0,125)	0,07±0,04 Aa	0,12±0,02 Aba	0,185±0,03 ABCa
4 (0,034)	0,07±0,04 Ab	0,19±0,03 ABab	0,221±0,002 ABCa
5 (0,084)	0,11±0,05 Aa	0,19±0,004 Aba	0,238±0,02 ABCa
6 (0,057)	0,12±0,06 Aa	0,20±0,002 Aba	0,255±0,02 Aba
7 (0,188)	0,16±0,08 Aa	0,27±0,07 Aa	0,300±0,03 Aa

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Kızartma yağlarında 20-100°C arasında, kızartılan gıdadan çıkan su buharının da etkisiyle yağ hidrolizi oluşmaktadır. Su miktarı ne kadar fazla olursa yağın hidrolizi de o denli hızlı olmaktadır. Yağın hidrolizi sonucunda serbest yağ asitleri, mono- ve digliseritler ve gliserollerin miktarında artış meydana gelmektedir. Kızartma yağındaki serbest yağ asidi içeriği, kızartma sayısı ile beraber artmaktadır (Gertz ve ark., 2000; Choe ve Min, 2007).

Çizelge 19’da kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait serbest asitlik (% Oleik asit) sonuçları karşılaştırılmıştır. Tüm gruplar bakımından inceleme yapıldığında kontrole kıyasla, antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarının 7. gün sonunda dahi kontrolden daha düşük serbest yağ asitliği değerine sahip olduğu gözlenmiştir.

Türkiye 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)’ ne göre kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların polar madde içerikleri (\leq %25) ve dumanlanma noktalarına ($>$ 170 °C) dair bazı kısıtlamalar getirilmekle birlikte ülkemizde kızartma yağları için serbest asitlik değerinde herhangi bir yasal limit belirtilmemiştir. Ancak Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) ise serbest yağ asiti miktarı % 2 yi aştığı zaman kızartma yağının değiştirilmesi gerektiğini vurgulamış ve çalışmalarda %2’nin üzerine çıkmaması önerilmiştir. Bu bakımdan incelendiğinde kontrol grubu hariç tüm diğer katkılanmış yağlarda serbest asitlik değerinin %2 nin altında kaldığı görülmektedir. Bu durum, yağların 7. günün sonunda dahi kullanılabilirlikte de olduğunu ve tebliğ bakımından da sorun oluşturmadığını ifade etmektedir.

Kızartmanın başlangıcında taze yağların serbest asitlik değerleri rafine yağlar için belirlenmiş olan yasal limitin (maks %0.3) altındadır. Serbest yağ asiti içeriği üzerine kızartma süresinin etkisi tüm kızartma gruplarında istatistiksel olarak önemli ($p=0.000$) bulunmuştur. Kızartma günleri bakımından gruplar arası yapılan karşılaştırmada ise sadece 7. günün sonunda serbest yağ asit içeriğinin istatistiksel olarak önemli ($p=0.008$) olduğu gözlenmiştir. Yeşilçay ekstraktı hariç doğal antioksidanlarla katkılanmanın, taze yağın serbest asitlik değerini kontrole kıyasla arttırdığı tespit edilmiştir. Kızartmaya tabi tutulmamış taze yağlar (0.gün) ile 1 gün kızartma yapılmış yağlar, serbest yağ asiti içerikleri bakımından karşılaştırıldıklarında yağın yapısında meydana gelen hidroliz olayının antioksidanlarla katkılanmış tüm deneme gruplarında daha hızlı gerçekleştiği,

fakat ilerleyen kızartma günlerinde antioksidanlar özellikle de doğal antioksidanlarla katkılanmış yağlarda hidrolizin daha yavaş cereyan ettiği gözlenmiştir.

Serbest yağ asiti oluşumundaki artış, kızartma esnasından oluşan karboksil gruplarına ve hidrolize atfedilmektedir. Kızartma başlangıcında antioksidanlarla katkılanmış yağların serbest yağ asiti içerikleri kontrole kıyasla daha yüksek olmasına rağmen, kızartma süresi bitiminde daha düşük değerde oldukları gözlenmiştir (Çizelge 19).

Gruplar kendi içerisinde karşılaştırıldıklarında konjuge dien içeriğine benzer şekilde, serbest yağ asitliği bakımından en iyi performansın likopen ekstraktı ile katkılanmış yağda sağlandığı tespit edilmiştir. Yine konjuge dien içeriğindeki değişime benzer olarak, yağa saflaştırılmış γ -oryzanol ilavesinin sentetik antioksidanlar ile katkılamaya yakın performans sergilediği, yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış yağlarında üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış yağlara benzer olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Çizelge 19. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait serbest asitlik (% Oleik asit) sonuçları

		Serbest Asitlik (%Oleik Asit)		
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.000)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)	
0 (0,018)	0,09±0,001 Cb	0,18±0,08 Cab	0,09±0,004 Fb	
1 (0,214)	0,22±0,05 Ca	0,40±0,02 Ca	0,42±0,08 EFa	
2 (0,563)	0,38±0,12 Ca	0,52±0,05 Ca	0,50±0,04 DEFa	
3 (0,871)	0,69±0,21 Ca	0,81±0,09 BCa	0,78±0,11 DEa	
4 (0,955)	1,01±0,26 BCa	1,12±0,16 ABCa	0,98±0,06 CDa	
5 (0,608)	1,02±0,13 BCa	1,48±0,21 Aba	1,30±0,13 BCa	
6 (0,822)	1,67±0,34 Ba	1,71±0,28 Aa	1,55±0,04 ABa	
7 (0,008)	2,90±0,10 Aa	1,89±0,26 Aa	1,93±0,18 Aa	
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.000)	Üzüm çekirdeği Ekstraktı (p=0.000)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.000)	
0 (0,018)	0,38±0,04 DEa	0,22±0,01 DEab	0,33±0,009 CDab	
1 (0,214)	0,40±0,05 Ea	0,30±0,08 Ea	0,44±0,07 Da	
2 (0,563)	0,62±0,08 DEa	0,43±0,08 DEa	0,53±0,12 CDa	
3 (0,871)	0,85±0,08 CDa	0,72±0,07 CDa	0,87±0,09 BCDa	
4 (0,955)	1,08±0,07 BCa	0,94±0,05 BCa	1,06±0,16 ABCDa	
5 (0,608)	1,20±0,11 BCa	1,19±0,07 Ba	1,37±0,32 ABCa	
6 (0,822)	1,47±0,11 Aba	1,34±0,12 Ba	1,52±0,15 ABa	
7 (0,008)	1,76±0,08 Ab	1,94±0,11 Ab	1,89±0,31 Ab	

* Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Çizelge 20’de kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait L değeri sonuçları karşılaştırılmıştır.

Kızartma başlangıcında gruplar arasında yapılan karşılaştırmada, sentetik antioksidanlar, yeşilçay ekstraktı ve likopen ekstraktı ile katkılamanın L değerlerini küçük miktarlarda da olsa etkilediği ve artışına sebep olduğu, üzüm çekirdeği ekstraktı ve saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılamanın ise L değerinde azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir. Katkılamanın renk üzerindeki bu değişim etkisi (0. gün) gruplar arasında istatistiksel olarak da önemli ($p=0.002$) bulunmuştur. Kızartma süresince beklenildiği üzere yağın renginde koyulaşma meydana gelmiş ve L değeri giderek azalmıştır. Kontrol hariç diğer tüm deneme gruplarında L değerinde kızartma süresince meydana gelen azalma düzenli bir seyir izlenmişken, kontrol grubunda 5. günden sonra bir artış gözlenmiş fakat bu değişimin günlere göre istatistiksel bir değerlendirmesi yapıldığında önemsiz olduğu ($p=0.583$) fark edilmiştir.

Kızartma bitiminde en düşük L değerine sahip deneme grubunun üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış yerfıstığı yağı olduğu tespit edilmiştir. 7. günün sonunda gruplar arasındaki değişim istatistiksel olarak da önemli ($p=0.000$) bulunmuştur. L değerinde en olumlu sonuçlar kontrol ve yeşilçay ekstraktı ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yağlardan alınmıştır. Öte yandan aletsel rengin a^* ($+a^* =$ kırmızı, $-a^* =$ yeşil) ve b^* ($+b^* =$ sarı, $-b^* =$ mavi) değerlerinde istatistik olarak önemli değişimler daha azdır.

Kızartma başlangıcında taze yağlarda ölçülen en yüksek a^* değeri likopen ekstraktı ile katkılanmış yağlara aittir (Çizelge 21). Likopen ekstraktı doğal karakterinden ötürü çok güçlü bir renge ve boyar güce sahiptir. Bu durum, likopen ile katkılanmış yağın diğer deneme gruplarına kıyasla daha yüksek a^* değerine sahip olmasını açıklamaktadır. Tüm deneme grupları arasında, a^* değeri bakımından bir karşılaştırma yapıldığında kızartma süresince yağın kırmızılık değerinin giderek arttığı ve en yüksek kırmızılık değerine kontrol ve üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanarak kızartılmış yağlarda erişildiği, en olumlu sonuçların ise (en düşük a^* değeri) saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış yağdan alındığı tespit edilmiştir. Kızartma bitiminde tüm deneme gruplarında ölçülen b^* değerlerinin ($-$) yönde olduğu ortaya çıkmış; a^* değerine benzer şekilde en yüksek mavilik değerine üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yağda erişildiği tespit edilmiştir (Çizelge 22).

Çizelge 20. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait L* değeri

		L* değeri		
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0,583)	BHA+BHT (p=0.001)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)	
0 (0,002)	51,44±0,35 Aa	52,68±0,54 Aa	52,44±0,23 Aa	
1 (0,150)	50,68±0,68 Aa	51,88±0,27 ABa	51,44±0,59 Aa	
2 (0,295)	50,55±1,30 Aa	51,26±0,40 Aba	51,61±0,40 Aa	
3 (0,330)	50,01±2,45 Aa	50,15±0,87 Aba	51,89±0,30 ABa	
4 (0,053)	49,95±1,39 Aa	51,07±0,22 ABCa	50,78±0,30 ABa	
5 (0,418)	48,44±0,98 Aa	49,95±1,01 ABCa	49,75±0,28 BCa	
6 (0,673)	51,603±0,477 Aa	49,52±0,70 BCa	48,92±0,19 Ca	
7 (0,000)	51,84±0,87 Aa	48,09±0,17 Cab	48,28±0,48 Cab	
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.032)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.006)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0,548)	
0 (0,002)	52,03±0,76 Aa	49,19±1,29 Aab	47,49±1,27 Ab	
1 (0,150)	49,50±1,81 ABa	48,52±1,06 ABa	49,16±0,67 Aa	
2 (0,295)	49,23±0,50 ABa	48,12±2,03 ABCa	48,75±1,65 Aa	
3 (0,330)	49,29±1,58 ABa	48,07±0,51 ABCa	47,86±1,10 Aa	
4 (0,053)	47,33±1,76 ABa	47,22±0,82 ABCa	47,54±1,19 Aa	
5 (0,418)	47,94±0,84 ABa	46,40±3,64 ABCa	47,91±1,25 Aa	
6 (0,673)	46,43±0,33 ABa	42,06±1,37 BCa	47,46±1,08 Aa	
7 (0,000)	45,80±1,09 Bbc	41,42±2,11 Cc	45,58±0,56 Abc	

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Çizelge 21. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait a* değerleri

		a* Değeri		
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.002)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)	
0 (0,000)	3,76±0,17 Db	3,82±0,14 Cb	3,55±0,02 Cb	
1 (0,855)	4,00±0,12 CDa	3,71±0,04 Ca	3,63±0,03 Ca	
2 (0,576)	4,36±0,06 BCDA	3,96±0,14 BCa	3,68±0,11 Ca	
3 (0,380)	4,68±0,17 ABCa	4,39±0,48 ABCa	3,91±0,17 BCa	
4 (0,755)	4,68±0,17 ABCa	4,41±0,19 ABCa	4,61±0,04 ABa	
5 (0,457)	4,89±0,16 ABa	4,68±0,11 ABCa	4,88±0,20 ABa	
6 (0,754)	5,05±0,20 ABa	4,87±0,20 ABa	4,83±0,31 Aa	
7 (0,120)	5,18±0,03 Aa	5,01±0,15 Aa	4,89±0,35 Aa	
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.001)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.002)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.807)	
0 (0,000)	5,35±0,16 Aa	3,41±0,18 Cb	4,05±0,47 Ab	
1 (0,855)	3,20±0,44 ABa	3,90±0,16 BCa	3,50±1,04 Aa	
2 (0,576)	3,83±0,16 ABa	4,02±0,47 ABCa	3,87±0,35 Aa	
3 (0,380)	4,16± 0,22 ABCa	4,03±0,14 ABCa	4,08±0,22 Aa	
4 (0,755)	4,52±0,31 ABCa	4,11±0,21 ABCa	4,16±0,64 Aa	
5 (0,457)	4,82±0,19 ABCa	4,66±0,23 ABCa	4,26±0,29 Aa	
6 (0,754)	4,44±0,46 BCa	4,95±0,41 ABa	4,58±0,19 Aa	
7 (0,120)	4,83±0,18 Ca	5,26±0,21 Aa	4,61±0,13 Aa	

* Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Çizelge 22. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait b* değerleri

		b* Değeri		
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.000)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)	
0 (0,000)	10,46±0,54 Aa	1,44±0,14 Ab	1,28±0,11 ABbc	
1 (0,643)	-0,06±0,96 Ba	0,55±0,32 ABa	0,83±0,18 ABa	
2 (0,145)	-0,17±0,42 Ba	1,35±0,48 Aa	1,38±0,21 Aa	
3 (0,495)	-0,57±0,32 Ba	0,05±0,45 ABa	0,59±0,17 ABa	
4 (0,037)	-0,26± 0,65 Bab	-0,40± 0,11 ABCab	-0,13±0,29 ABCa	
5 (0,594)	-1,30±0,77 Ba	-1,26±0,73 BCDA	-0,62±0,81 BCDA	
6 (0,151)	-1,28±0,55 Ba	-1,87±0,42 CDA	-2,12±0,27 Da	
7 (0,002)	-0,71±0,41 Ba	-2,56±0,15 Dab	-1,78±0,45 CDA	
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.001)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.000)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.042)	
0 (0,000)	-0,52±0,18 ABc	0,66±0,72 Abc	0,06±0,46 Abc	
1 (0,643)	-0,67±0,56 ABa	0,08±1,46 ABa	0,33±0,66 Aa	
2 (0,145)	0,49±0,38 Aa	0,11±0,77 Aa	0,76±0,30 Aa	
3 (0,495)	-1,26±0,89 ABCa	0,06±0,52 ABa	-0,28±1,12 Aa	
4 (0,037)	-0,41±0,58 ABab	-3,84±1,29 BCb	-1,49±1,22 Aab	
5 (0,594)	-2,42±0,57 BCa	-1,85±0,24 ABCa	-1,40±0,99 Aa	
6 (0,151)	-3,35±0,46 Ca	-2,27±0,52 ABCa	-2,20±0,64 Aa	
7 (0,002)	-2,56±0,48 BCab	-5,30±1,11 Cb	-2,91±0,70 Aab	

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

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). Al-Harbi ve Al-Kabtani (1993)'ye göre viskozitenin artması, oksidasyon ve polimerizasyonun oldukça yüksek bozucu etkilerinden dolayı gerçekleşmektedir.

Çizelge 23'te kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait viskozite ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Yerfistığı yağının doğal ve sentetik antioksidanlarla katkılanmasının, taze yağın viskozitesi üzerinde belirgin bir artışa sebep olmadığı fakat bu durumun istatistiksel olarak önemli ($p=0.000$) bulunduğu tespit edilmiştir. Kızartma süresi boyunca viskozite değerlerinin periyodik olarak yükseldiği ve tüm kızartma gruplarında bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Kızartma bitiminde en düşük viskozite içeriği kontrol grubunda tespit edilmiştir. Katkılanmış kızartma yağlarında viskozite artışı benzer düzeyde seyretmekle birlikte, 5. günden sonra tüm gruplarda değerde ani bir yükselme gözlenmiş, yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış yağlarda ölçülen viskozite değeri diğer tüm deneme gruplarından daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, viskozitenin hem kızartma süresinden hemde kızartma yağının türünden/kızartma ortamından önemli derecede etkilendiği gözlenmiştir.

Jaswir ve ark. (2000), tarafından yapılan bir çalışmada rafine palm yağına biberiye ve adaçayı ekstraktların ilavesi yapılarak yağın kızartma stabilitesi üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Kontrol grubu viskozite değerlerinin 50.2 cP (0.gün) ve 71.1 cP (6.gün) aralığında değiştiği, biberiye ve adayaçayı ile muamele edilmiş örneklerde değişimin daha az olduğu, bu doğal ekstraktlarla katkılanmış yağlarda 6. kızartma günü sonunda sırasıyla 65.3 ve 64.2 cP viskozite değerlerine ulaşıldığı rapor edilmiştir

Çizelge 23. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait viskozite ölçümü sonuçları

Viskozite			
Gün/p-değeri	Kontrol	BHA+BHT	Yeşilçay Ekstraktı
	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)
0 (0,000)	74,89±1,06 Ca	69,57±0,16 Ac	71,50± 0,19 Abc
1 (0,000)	75,35±0,68 Cb	82,45±1,40 Ba	84,00±0,62 Ba
2 (0,000)	79,20±0,44 Cc	96,18±2,73 BCab	98,15±1,26 BCab
3 (0,000)	85,63±2,15 Cb	117,20±6,73 BCDA	121,30±3,03 BCDA
4 (0,000)	94,32±5,13 BCb	146,90± 9,34 CDa	149,13±5,39 CDa
5 (0,000)	108,90±10,30 ABCb	188,80±18,40 CDa	188,60±4,43 CDa
6 (0,000)	137,30±18,30 Ab	232,20±24,40 Da	255,70± 11,30 CDa
7 (0,001)	130,38±2,20 ABb	344,60±53,40 Da	442,00±66,30 Da
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı	Saflaştırılmış γ-Oryzanol
	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)
0 (0,000)	74,07±0,52 Fab	70,57±0,71 Ec	72,27±0,51 Dabc
1 (0,000)	86,95±0,35 Fa	83,20±1,43 Ea	81,90±1,85 Dab
2 (0,000)	102,05±1,55 EFa	101,53±3,20 DEab	92,15±2,31 CDb
3 (0,000)	126,50±6,49 DEa	120,53±3,87 DEa	107,75±3,26 CDa
4 (0,000)	158,93±3,80 CDa	148,55± 6,72 CDa	132,22±7,16 BCDA
5 (0,000)	190,30±11,10 Ca	192,57±8,930 Ca	163,90±10,40 BCa
6 (0,000)	251,97±9,79 Ba	259,90±14,10 Ba	205,80±14,20 Bab
7 (0,001)	373,60±16,60 Aa	395,50±33,70 Aa	300,10±41,40 Aab

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Dumanlanma noktası, ısıtılan bir yağdan uçucu dekompozisyon ürünlerinin duman şeklinde ayrılmaya başladığı sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Bir yağın dumanlanma noktası yağın kompozisyonu ile yakından ilişkilidir. Serbest yağ asitleri daha fazla uçucu olmakla birlikte, mono- ve di-gliseritler trigliseritlerden daha az dayanıklıdır. Bu bakımdan, yağdaki bu bileşiklerin miktarı yağın dumanlanma noktasını da etkilemektedir (Önal ve Ergin, 2002).

Çizelge 24’te kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait dumanlanma noktası sonuçları karşılaştırılmıştır. Literatürde yerfistığı yağının dumanlanma noktası 229,4°C olarak belirtilmiştir (Sanders, 2002). Bu çalışmada ise, kızartma başlangıcında taze yerfistığı yağının dumanlanma noktası 233°C olarak ölçülmüştür. Sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılamanın kızartma başlangıcında tüm deneme gruplarında taze yağın dumanlanma noktasını istatistiksel olarak önemsiz derecede artırdığı gözlenmiştir.

Dumanlanma noktasının kızartma süresince düzenli olarak azaldığı gözlenmiş ve ölçülen değerlerdeki bu değişim tüm deneme gruplarında istatistiksel olarak da önemli ($p \leq 0.05$) bulunmuştur. Dumanlanma noktasındaki bu azalma kontrol grubunda daha keskin düşüşler şeklinde gözlenmişken, muamele görmüş diğer gruplarda daha hafif seyretmiştir. Bununla birlikte, dumanlanma noktası değerlerinin kızartma süresinceki değişimi hiçbir gün için istatistiksel olarak önemli ($p > 0.05$) bulunmamıştır.

‘Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği’ (Tebliğ No:2007/41)’ ne göre kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların dumanlanma noktalarının > 170 °C olması gerekmektedir. Kontrol ve likopen ekstraktı ile katkılanmış yağlar hariç diğer tüm gruplarda, 7. gün sonunda dahi dumanlanma noktası değerinin tebliğ in belirttiği limitin üzerinde kaldığı tespit edilmiştir.

Önal ve Ergin (2002), tarafından yapılan bir çalışmada kanola yağının oksidatif stabilitesi üzerine 200 ppm α - tokoferol ve 200 ppm askorbil palmitat ile katkılamanın etkisi incelenmiştir. Dumanlanma noktası, L^* değeri, iyot değeri, C18:2/C16 yağ asitleri oranının kızartma süresi ile azaldığı, özellikle dumanlanma noktasının antioksidan ile katkılanmış yağlarda 170°C nin altına düşmediği rapor edilmiştir.

Çizelge 24. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait dumanlanma noktası sonuçları

Dumanlanma Noktası (°C)			
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.007)	BHA+BHT (p=0.007)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)
0 (0,625)	233,50±1,50 ABa	238,50±9,50 Aa	239,00±4,00 Aa
1 (0,603)	227,00±7,00 Aa	228,50± 10,50 ABa	226,00±4,00 ABa
2 (0,617)	221,00±7,00 ABa	207,90±15,10 ABCa	205,50±4,50 BCa
3 (0,680)	207,80±11,30 ABCa	195,90±3,70 ABCa	196,30±3,40 CDa
4 (0,696)	197,50±13,50 ABCa	190,45±4,65 ABCa	189,35±1,85 CDa
5 (0,868)	185,05±8,55 ABCa	187,85±4,75 BCa	179,80±5,60 CDa
6 (0,824)	179,90±12,00 BCa	183,80±5,60 BCa	174,20±3,80 Da
7 (0,976)	169,60±4,60 Ca	173,50±8,70 Ca	172,00±8,50 Da
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.006)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.001)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.001)
0 (0,625)	246,50±5,50 Aa	236,50±2,50 Aa	240,00±3,00 Aa
1 (0,603)	207,00±14,00 ABa	217,00±9,00 ABa	214,00±1,00 ABa
2 (0,617)	204,70±12,30 ABa	196,55±7,45 BCa	208,50±1,50 ABCa
3 (0,680)	193,70±10,30 Ba	193,05±6,15 BCa	202,40±3,60 BCa
4 (0,696)	188,30±8,00 Ba	181,25±5,85 BCa	194,75±2,15 BCa
5 (0,868)	183,20±5,80 Ba	175,55±7,05 Ca	184,50±10,90 BCa
6 (0,824)	169,75±8,05 Ba	173,40±8,30 Ca	178,75±7,35 Ca
7 (0,976)	168,35±7,65 Ba	170,70±7,60 Ca	176,30±8,30 Ca

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Çizelge 25’de kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait bulanıklık ölçümü sonuçları verilmiştir.

Dülger ve Yılmaz (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, doğal ve HCl ile modifiye zeolitle muamele edilerek kızartmaya (180°C, 6 gün, 5h/gün) tabi tutulmuş rafine fındık yağının bulanıklık değerinin kızartma süresince yükseldiği, zeytin karasuyu, Tween-80 ve siklodekstrin ile modifiye edilmiş zeolitle muamele edilen kızartma yağlarında ise bulanıklık değerinin kızartma süresince önce düşüp daha sonra yükseldiği rapor edilmiştir. Kızartma yağının bulanıklığının genel olarak kızartma süresinin uzunluğuyla beraber arttığı bildirilmiştir. Bulanıklığın artması yağda bozunma ürünlerinin ve polimerizasyonun arttığı anlamında yorumlanmıştır (Mittal ve Paul, 1996).

Antioksidanlarla muamele edilmiş deneme grupları incelendiğinde yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış taze yerfıstığı yağının bulanıklık değerinin en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yeşilçaydaki fenoliklerin yağda çözünme özelliğinin zayıf olmasına atfedilebilir. Tüm deneme grupları incelendiğinde, bulanıklığın kızartma süresince giderek arttığı ve 7. gün sonunda en yüksek değere yeşilçay ve likopen ekstraktı ile katkılanmış yağlarda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Kontrolde sonra en iyi sonucu saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanarak kızartılmış deneme grubunun verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 25. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait kızartmalara ait bulanıklık ölçümü sonuçları

Bulanıklık (NTU)			
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.000)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)
0 (0,000)	4,00±1,08 Cd	7,50±1,55 Dcd	24,00±1,08 Ea
1 (0,000)	19,25±2,78 Cbc	22,50±2,90 CDbc	43,75±3,20 Da
2 (0,004)	19,75±3,84 Cb	32,50±2,72 Cab	50,25±1,75 Da
3 (0,091)	41,00±4,81 Ba	36,50±3,40 Ca	54,50±1,32 Da
4 (0,022)	44,25±5,15 Bb	54,25±5,65 Bab	73,00±3,03 Ca
5 (0,000)	47,75±4,44 Bc	67,50±5,72 Bbc	88,50±1,44 Ba
6 (0,000)	56,75±5,72 ABc	87,50±2,96 Aab	97,75±4,63 Ba
7 (0,000)	76,00±3,85 Ac	102,75±2,06 Ab	120,50±3,23 Aa
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.000)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.000)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.000)
0 (0,000)	21,75±1,25 Ea	14,50±0,64 Fb	10,25±0,47 Fbc
1 (0,000)	33,00±5,00 DEab	24,50±0,95 EFbc	18,25±2,56 EFc
2 (0,004)	35,75±4,73 DEab	36,50±5,50 DEFab	28,00±2,48 DEab
3 (0,091)	45,00±2,55 Da	43,00±7,36 CDEa	40,50±1,32 CDa
4 (0,022)	62,50±4,05 Cab	52,00±9,70 CDab	48,50±2,78 Cab
5 (0,000)	74,25±3,20 BCab	65,75±5,88 BCbc	67,50±5,24 Bbc
6 (0,000)	88,25±3,35 Bab	88,00±2,48 ABab	79,75±2,29 Bb
7 (0,000)	120,75±4,07 Aa	107,25±1,75 Aab	96,75±3,40 Ab

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Çizelge 26’da kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarında kızarılan hamurların absorbe ettiği yağ miktarları verilmiştir. Deneme grupları arasında yapılan değerlendirmede sadece likopen ekstraktı ve saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış kızartma yağlarının istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Günler bakımından inceleme yapıldığında sadece 5. ($p= 0.000$) ve 6. ($p=0.002$) günlerin istatistiksel olarak farklı olduğu gözlenmiştir.

Sentetik ve doğal antioksidanlarla ile katkılamanın hamurlar tarafından emilen yağ miktarı üzerine önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. 7. gün sonunda yapılan değerlendirmede en düşük yağ içeriğinin saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış, en yüksek yağ içeriğinin ise yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış kızartma yağlarında bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 26. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı

Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)			
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.147)	BHA+BHT (p=0.520)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.064)
1 (0,029)	14,22±0,51 Aa	9,87±0,87 Aab	7,83±0,78 Ab
2 (0,574)	8,98±5,52 Aa	8,81±0,17 Aa	7,32±0,20 Aa
3 (0,300)	7,07±2,58 Aa	8,11±0,16 Aa	7,49±0,10 Aa
4 (0,297)	5,38±0,03 Aa	8,01±0,45 Aa	6,25±1,42 Aa
5 (0,000)	4,85±0,32 Aa	7,77±0,09 Aa	5,52±0,60 Ab
6 (0,002)	4,78±0,07 Ab	7,70±0,08 Aa	6,03±0,22 Aab
7 (0,108)	4,37±0,38 Aa	7,30±0,01 Aa	8,42±1,39 Aa
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.007)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.544)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.000)
1 (0,029)	8,80±1,19 Aab	7,13±2,38 Ab	7,62±0,44 Ab
2 (0,574)	6,68±0,83 Aba	6,20±0,49 Aa	6,28±0,44 Aba
3 (0,300)	6,84±1,19 Aba	6,16±0,52 Aa	6,24±0,40 Aba
4 (0,297)	6,72±0,20 Aba	5,98±0,54 Aa	5,77±1,18 Aba
5 (0,000)	4,40±0,31 Bb	5,59±0,72 Ab	5,14±0,06 BCb
6 (0,002)	4,10±0,33 Bb	4,42±0,26 Ab	4,88±0,70 BCb
7 (0,108)	5,66±1,87 Aba	4,88±1,70 Aa	3,62±0,09 Ca

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Yemeklik yağların toplam polar madde içeriği kızartma yağı kalitesindeki azalmanın değerlendirilmesinde önemli bir kalite kriteridir. Polar maddeler oksidasyon, kondensasyon, piroliz ve hidroliz ürünlerini içine alan geniş bir sınıftır. Yağda kalan miktarları toplam degradasyonun değerlendirilmesinde güvenilir bir ölçüt olarak kabul edilmektedir (Aladedunye ve Przybylski, 2009).

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, 2007). Yapılan bir çalışmada yerfistığı yağının 20 saat ve ayçiçeği yağının ise 35 saat kızartma işleminden sonra TPM açısından atılacak seviyeye ulaştıkları bildirilmiştir (Rossell, 2001).

Çizelge 27 ve 28’de kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam polar madde kromatografi (%) ve toplam polar madde – prob (%) sonuçları karşılaştırılmıştır. Kızartma süresince polar madde içeriğinin arttığı gözlenmiştir. Bu sonuç literatürle de uyum göstermektedir (Choe ve Min, 2007; Aladedunye ve Przybylski, 2009). Bu artış, tüm kızartma gruplarında ve tüm kızartma günlerinde istatistiksel olarak da ($p=0.000$) önemli bulunmuştur. Kızartma başlangıcında kontrole kıyasla sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarının daha yüksek polar madde içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum katkıların içindeki etken maddelerin kimyasal olarak polar karakterlerde olmasıyla açıklanabilmektedir. Her iki yöntemle yapılan ölçümlerde en düşük sonucun kontrol grubunda sağlandığı, en yüksek polar madde içeriğinin ise üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış yağlardan alındığı göze çarpmaktadır. Her iki yöntemle de yapılan ölçümlerde polar madde düzeyindeki değişiminin gruplar arasında istatistiksel olarak önemli ($p=0.000$) olduğu tespit edilmiştir. Muamele görmüş kızartma yağları arasında yapılan değerlendirmede, doğal antioksidanların sentetik antioksidanlara yakın bir performans sergilediği gözlenmiştir.

Çizelge 27 ve 28 birlikte incelendiğinde, tüm deneme gruplarında genel olarak prob ile yapılan ölçümün kolon kromatografisiyle yapılan ölçümlerden daha yüksek değerler verdiği görülecektir. Ancak her bir ölçüm kendi içinde değerlendirildiği için karşılaştırmalarda bir sorun oluşturmamaktadır. Türk gıda kodeksine göre (TGK, 2007), bir kızartma yağının toplam polar madde içeriği %25’i aştığında yasal olarak kullanılması engellenmiştir. Buna göre kolon kromatografisi ile yapılan ölçümlerde yeşilçay ekstraktı ve saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış kızartma yağlarının 3. gün sonunda yasal limiti

aşmadığı görülmektedir. Bu durum yağın tanımlanan koşullar altında yaklaşık 15-20 saat kızartma ömrüne sahip olduğunu ortaya çıkıştır.

Çizelge 27. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam polar madde (%)-prob sonuçları

Toplam Polar Madde (%)- Prob			
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.000)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)
0 (0,000)	14,52±1,90 Db	18,40±1,20 Ea	16,25±1,40 Ha
1 (0,000)	18,75±0,32 Db	22,25±0,88 Ea	22,62±0,42 Ga
2 (0,000)	21,87±0,96 CDc	29,50±0,93 Eb	30,25±0,32 Fab
3 (0,000)	26,75±2,03 CDb	39,25±1,16 Da	38,75±0,59 Ea
4 (0,000)	32,13±3,54 BCDb	47,75±2,31 Da	47,75±0,32 Da
5 (0,000)	39,25±4,91 ABCb	57,75±2,31 Ca	56,75±0,32 Ca
6 (0,000)	48,25±6,64 ABb	67,50±2,46 Ba	66,75±0,32 Ba
7 (0,000)	53,13±5,72 Ab	78,25±2,60 Aa	80,87±0,82 Aa
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.000)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.000)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.000)
0 (0,000)	15,10±1,80 Hb	17,30±3,10 Ha	16,55±2,80 Fa
1 (0,000)	23,50±0,73 Ga	23,50±0,45 Ga	22,87±0,31 Fa
2 (0,000)	32,00±1,31 Fab	34,00±0,73 Fa	31,00±1,02 EFab
3 (0,000)	40,75±1,45 Ea	44,25±1,16 Ea	40,25±1,16 DEa
4 (0,000)	49,50±1,59 Da	52,37±0,96 Da	46,75±0,87 Da
5 (0,000)	60,00±1,59 Ca	62,50±0,73 Ca	57,75±2,03 Ca
6 (0,000)	71,50±1,31 Ba	75,25±0,87 Ba	67,50±3,03 Ba
7 (0,000)	84,50±1,31 Aa	88,50±1,02 Aa	82,75±3,76 Aa

* Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Çizelge 28. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam polar madde (%)-kolon sonuçları

Toplam Polar Madde (%)- Kolon			
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.000)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)
0 (0,540)	11,06±1,38 Ca	14,59±3,43 Da	10,72±2,46 Ea
1 (0,491)	15,02±1,22 BCa	20,48±2,78 Da	14,93±2,66 Ea
2 (0,003)	15,62±0,11 BCc	27,88±0,58 CDab	23,19±0,86 DEbc
3 (0,365)	22,91±1,88 ABCa	33,88±2,72 BCDA	33,50±4,20 CDa
4 (0,028)	25,35±1,45 ABCb	42,13±2,94 BCa	41,93±2,54 BCa
5 (0,180)	33,93±4,04 ABCa	48,55±3,22 ABa	47,61±3,69 ABCa
6 (0,092)	42,18±8,83 ABa	53,96±4,80 ABa	56,31±2,68 ABa
7 (0,329)	48,06±9,62 Aa	63,03±5,89 Aa	61,44±2,59 Aa
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.000)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.000)	Saflaştırılmış γ -Oryzanol (p=0.000)
0 (0,540)	8,82±0,61 Ca	14,86±3,84 Da	13,34±2,14 Fa
1 (0,491)	17,36±2,18 BCa	24,52±7,14 CDa	18,46±2,80 EFa
2 (0,003)	26,44±4,27 BCabc	37,10±1,34 BCDA	22,70±1,16 DEFbc
3 (0,365)	33,51±5,30 ABCa	38,29±8,13 BCDA	29,31±1,05 CDEa
4 (0,028)	36,71±1,95 ABab	43,20±3,29 ABCDa	36,82±3,88 BCDab
5 (0,180)	54,59±9,67 Aa	52,30±0,57 ABCa	43,44±3,58 ABCa
6 (0,092)	53,49±2,87 Aa	67,98±0,50 ABa	50,56±3,71 ABa
7 (0,329)	57,19±0,50 Aa	73,80±12,40 Aa	58,36±2,39 Aa

* Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Rababah ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada çemenotu, yeşilçay, siyah çay, üzüm çekirdeği, zencefil, biberiye ve ginkgo ekstraktları ile Vitamin E ve tersiyerbütıl hidrokinon (TBHQ) bileşiklerinin toplam fenolik ve antioksidan aktiviteleri tespit edilmiştir. Yeşilçay ve üzüm çekirdeği gibi bitkisel ekstraktların gıda maddelerindeki lipid oksidasyonunu geciktirme yeteneğinde olduğu rapor edilmiş; yeşilçayın içermiş olduğu flavonoidler (%50, kateşin, epikateşin) ve üzüm çekirdeği ekstraktındaki polimerik tanenler ve monomerik flavonoidlerin de bitkisel materyallerin antioksidan özelliklerine katkıda buldukları bildirilmiştir (Rababah ve ark., 2004).

Çizelge 29’da kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam fenol içerikleri (mg GA/100g yağ) karşılaştırılmıştır. Kızartma başlangıcında taze yağlarda ölçülen değerler incelendiğinde sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılamanın toplam fenol değerlerini belirgin şekilde arttırdığı ve bu artışın likopen ekstraktı ile katkılanmış grup dışında diğer kızartma gruplarında istatistiksel olarak da önemli ($p \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir.

Tüm deneme gruplarında, toplam fenol içeriğinin günlere göre değişiminin kızartmanın 7. gününe kadar istatistiksel olarak da önemli olduğu gözlenmiştir. Genel olarak görülmektedir ki, bitkisel ekstraktlardaki fenoliklerin günler boyunca yıkıma uğradığı fakat bu yıkımın saflaştırılmış γ -oryzanolde en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, saflaştırılmış oryzanol ile katkılanmış yağların fenol içeriğinin likopen ve üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış yağlara nispeten 2 kat daha yüksek olduğu göze çarpmaktadır.

Kızartma başlangıcında taze yağlarda ölçülen değerler incelendiğinde doğal antioksidanlarla katkılamanın antioksidan kapasite değerlerini de belirgin ölçüde arttırdığı ve bu artışın tüm deneme düzeninde istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Sentetik antioksidanlarla katkılama yağın antioksidan içeriğinde çok hafif bir değişime yol açarken, doğal antioksidanların taze yerfıstığı yağının antioksidan kapasite değerini neredeyse 2-3 kat arttırdığı tespit edilmiştir. Kontrol ve sentetik antioksidanlarla katkılanmış deneme gruplarında sırasıyla 4. ve 5. günden sonra antioksidan kapasite saptanamazken, doğal antioksidanlarla katkılanmış yağlarda belirgin miktarda antioksidan ölçümü yapılabilmektedir.

Tüm yağlara eşdeğer TEAC (Trolox equivalence Antioxidant Capacity) değerine sahip fenolik ekstraktlar katılmasına rağmen, antioksidan aktivitede ölçülen farklılıkların hem ekstrakt bileşiminden hem de yağda çözünme yeteneğindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca denemenin başında sentetik ve her bir doğal

antioksidanın, antioksidan kapasitesini tespit etmek için yapılan ölçümler materyalin çözünme doğasına uygun solventler (etanol, metanol, etilasetat vb.) içerisinde gerçekleştirilmiş olup, taze yağlardan fenolik ekstraktların çekilmesinde sadece metanol:su (40:60) solventi kullanılmıştır. Bu durumda, 0. günde yapılan ölçümlerden farklı sonuçların alınmış olmasında göz önünde bulundurulmalıdır. Antioksidan kapasite değerindeki değişimin kıvartmanın 1. gününden itibaren istatistiksel olarak ($p \leq 0.05$) da önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 29 ve 30'dan da görüleceği üzere hem toplam fenolik madde içeriği açısından hem de antioksidan aktivite değeri açısından saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış kıvartma yağlarının en yüksek değere sahip olduğu bulunmuştur. Kıvartmanın 7. gününde kontrol ve sentetik antioksidanlarla katkılanmış kıvartma yağlarında toplam fenol ölçümüne ilişkin herhangi bir değer saptanamazken, doğal antioksidanlarla katkılanmış kıvartma yağlarının belirgin miktarda fenol içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 29. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam fenol içeriği tablosu

Gün/p-değeri	Toplam Fenol (mg ga/100 g)		
	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.058)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.005)
0 (0,075)	1,35±0,60 Aa	1,66±0,07 Aa	4,20±1,08 Aa
1 (0,076)	1,01±0,05 ABa	1,16±0,40 Aa	2,63±0,30 ABa
2 (0,023)	0,90±0,01 BCab	0,55±0,31 Ab	2,16±0,26 ABa
3 (0,038)	0,62±0,06 BCab	0,33±0,22 Ab	1,35±0,46 Bab
4 (0,008)	0,58±0,16 BCb	0,10±0,06 Ab	1,00±0,11 Bab
5 (0,008)	0,45±0,03 BCb	0,06±0,01 Ab	0,80±0,12 Bab
6 (0,040)	0,25±0,25 Cab	0,03±0,01 Ab	0,77±0,06 Bab
7 (0,727)	ted	ted	0,55±0,15 Ba
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.225)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.001)	Saflaştırılmış Oryzanol (p=0.002)
0 (0,075)	1,70±0,41 Aa	2,69±0,23 Aa	2,67±0,26 Aa
1 (0,076)	1,48±0,59 Aa	2,14±0,31 ABa	2,30±0,13 ABa
2 (0,023)	1,24±0,36 Aab	1,78±0,31 ABCab	2,04±0,02 ABCa
3 (0,038)	1,05±0,28 Aab	1,03±0,11 BCab	1,91±0,05 ABCa
4 (0,008)	0,88±0,22 Aab	0,77±0,21 Cab	1,65±0,15 ABCDa
5 (0,008)	0,84±0,22 Aab	0,72±0,24 Cab	1,42±0,03 BCda
6 (0,040)	0,51±0,09 Aab	0,59±0,21 Cab	1,10±0,24 CDa
7 (0,727)	0,44±0,17 Aa	0,36±0,35 Ca	0,80±0,34 Da

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

ted: tespit edilemeyen düzey

Çizelge 30. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait antioksidan kapasite değerleri

Antioksidan kapasite (milimol trolox/100g yağ)			
Gün/p-değeri	Kontrol (p=0.000)	BHA+BHT (p=0.000)	Yeşilçay Ekstraktı (p=0.000)
0 (0,000)	3,19±0,18 Ac	3,23±0,05 Ac	11,00±0,48 Aa
1 (0,114)	1,88±0,04 Ba	2,20±0,12 Ba	5,49±1,01 Ba
2 (0,046)	1,27±0,03 Ca	1,37±0,28 BCa	3,22±0,41 BCa
3 (0,039)	0,85±0,09 Da	0,75±0,01 Ca	2,07±0,38 Ca
4 (0,008)	0,55±0,003 Db	0,75±0,04 Cb	1,88±0,22 Ca
5 (0,010)	ted	0,53±0,06 Cb	1,24±0,01 Cab
6 (0,030)	ted	ted	1,16±0,06 Cab
7 (0,008)	ted	ted	0,91±0,05 Cb
Gün/p-değeri	Likopen Ekstraktı (p=0.006)	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı (p=0.000)	Saflaştırılmış Oryzanol (p=0.000)
0(0,000)	5,81±0,50 Ab	9,20±0,64 Aa	8,73±0,46 Aa
1 (0,114)	4,58±1,67 ABa	3,67±0,21 Ba	6,36±1,65 ABa
2 (0,046)	2,51±0,52 ABa	2,11±0,36 BCa	3,23±0,56 BCa
3 (0,039)	1,83±0,52 Ba	1,47±0,04 Ca	2,43±0,34 Ca
4 (0,008)	1,54±0,28 Bab	1,19±0,02 Cab	1,78±0,23 Ca
5 (0,010)	1,09±0,20 Bab	0,99±0,20 Cb	1,81±0,09 Ca
6 (0,030)	0,97±0,13 Bb	0,88±0,12 Cb	1,70±0,14 Ca
7 (0,008)	0,89±0,08 Bb	0,72±0,09 Cb	1,44±0,04 Ca

* Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Nd: Tespit edilemedi.

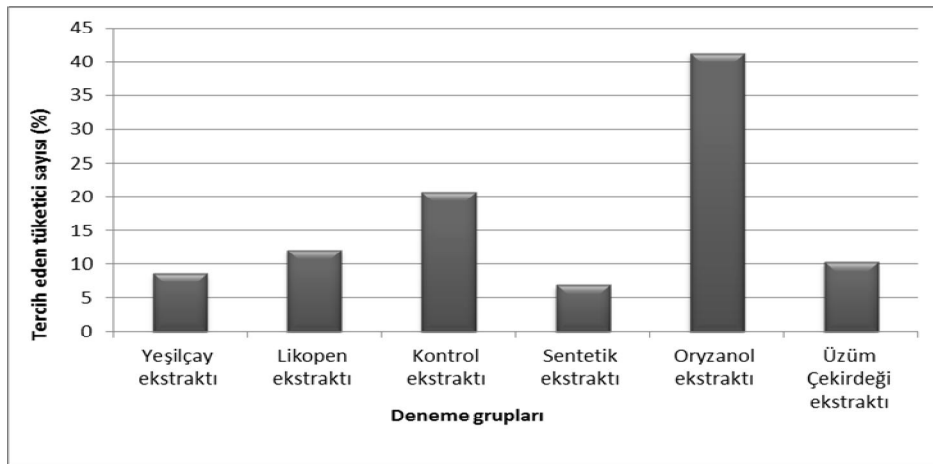
Kızartılmış hamurlarda gerçekleştirilen duyuşal değerlendirme sonucunda, tüketiciler tarafından hamurlara verilen skorlar Çizelge 31’ de gösterilmiştir. Değerlendirilen tüm duyuşal özelliklerin (görünüş, yapı/tekstur, tat/lezzet ve koku/aroma) deneme gruplarına göre değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kontrol grubu ve antioksidanlarla katkılanmış yağlarda kızartılan hamurların özellikle görünüş ve yapı/tekstur özellikleri bakımında oldukça farklı skorlara sahip olduğu görülmektedir. Dikkat çeken önemli bir hususta, doğal antioksidanlarla katkılanmış yağlarda kızartılan hamurların, sentetik antioksidanlarla katkılanmış olana kıyasla görünüş, tat/lezzet ve koku/aroma özellikleri bakımından daha fazla beğenilmiş olmasıdır.

Çizelge 31. Kızartılmış hamurların duyuşal özellikleri

Örnek	Görünüş (p= 0.001)	Yapı/tekstur (p=0,001)	Tat/lezzet (p=0,001)	Koku/aroma (p=0,001)
Kontrol	3,16±0,10 A	2,91±0,11 A	2,48±0,10 A	2,77 ± 0,11 A
BHA+BHT ile katkılı	2,64±0,10 C	1,96±0,09 B	2,35±0,10 B	2,93 ± 0,41 A
Yeşilçay ekstraktı katkılı	2,97±0,10 A	2,02±0,09 B	2,42±0,10 A	2,57 ± 0,10 B
Likopen ekstraktı katkılı	2,87±0,09 AB	1,92±0,09 C	2,40±0,10 A	2,63 ± 0,10 A
Üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılı	2,78±0,11 B	2,41±0,11 A	2,56±0,11 A	2,69 ± 0,11 A
γ-oryzanol ile katkılı	3,61±0,10 A	2,93±0,11 A	3,03±0,12 A	3,10 ± 0,11A

*Aynı sütundaki büyük harfler söz konusu duyuşal özellik bakımından yağ örnekleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Doğal antioksidanlar arasında özellikle γ-oryzanol’ün kızartılan hamurların duyuşal nitelikleri üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu, değerlendirilen tüm özellikler bakımından en yüksek puanı alarak, tüketici tercihinde ilk sıraya yerleştieği tespit edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Kızartılmış hamurlarda gerçekleştirilen tüketici anket sonuçları (%).

Plessis ve ark. (1981) tarafından endüstriyel ölçekte patates cipsi kızartması üzerine pamuk ve yerfıstığı yağının etkisinin incelendiği bir araştırmada kızartma yağı kalitesi serbest asitlik, peroksit değeri ve ultraviyole absorpsiyon (233 nm) ölçülerek değerlendirilmiştir. 20 h lik kızartma süresince konjuge dien, serbest asitlik ve peroksit değerlerinin her iki yağ tipinde de düzenli olarak arttığı, 103 h lik kızartma bitiminde yerfıstığı yağındaki tokoferollerin % 55 inin (α -tokoferoldeki kayıp γ -tokoferollerdekinden daha fazla) kaybolduğu fakat pamuk yağındaki tokoferol düzeyinin orijinal düzeylerde kaldığı tespit edilmiştir. Buna ilaveten, pamuk yağında kızartılan cipslerin de yerfıstığı yağında kızartılanlara kıyasla daha fazla tokoferol içerdiği rapor edilmiştir. 2h, 50h ve 98h kızartma süresi sonunda yerfıstığı yağından alınan örneklerde gerçekleştirilen yağ asiti kompozisyonu tayininde palmitik asit (C16:0) ve linoleik (C18:2) asit oranlarının azalma eğiliminde olduğu rapor edilmiştir. Sonuçlar yerfıstığı yağının pamuk yağından daha stabil olduğunu göstermiştir.

Kontrol ve antioksidanlarca zenginleştirilmiş kızartma yağı örneklerinde, 7. gün sonunda alınan yağ örneklerinde yağ asidi bileşimi GC-MS ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 32'de gösterilmiştir. Taze yerfıstığı yağı (hiçbir kızartma işlemine tabi tutulmamış) ile 7 gün süresince kızartma işlemi yapılmış kontrol ve antioksidanlarca zenginleştirilmiş örneklerin yağ asitleri bileşimleri arasında önemli bazı farklılıklar bulunmuştur. Kızartma süresince palmitik asit (C16:0) oranının giderek arttığı ve bu artışın antioksidanlarla katkılanarak yürütülen deneme gruplarında daha fazla olduğu ve en yüksek palmitik asit düzeyine yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış deneme grubunda erişildiği gözlenmiştir. Bu durum literatürle (Sebedio ve ark., 1990; Romero ve ark., 1998) de benzerlik göstermektedir.

Doymuş yağ asitleri olan stearik asit (C18:0), araşidik (C20:0) ve behenik (C22:0) asitlerin yüzdesi de palmitik asite benzer olarak 7. gün sonunda taze yağa kıyasla kontrol grubunda önemsenmeyecek düzeyde arttığı, fakat antioksidanlarla katkılanmış gruplarda bu artışın daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Kızartma süresince çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonla kayba uğramaları bakımından inceleme yapıldığında, antioksidanlarla katkılanmış yerfıstığı yağlarının kontrole kıyasla oleik asitin stabilitesinin sağlanmasında linoleik asite göre daha etkili rol oynadığı ve olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Çizelge 32).

Yağlarda bulunan *trans* yağ asitleri, doymuş yağ asitleri gibi vücutta kolesterol oluşumunu artırmakta ve bunun sonucunda kan serumundaki toplam ve LDL kolesterolün yükselmesine ve HDL kolesterol düzeyinin ise düşmesine neden olmaktadır (Kayahan,

2003). Bitkisel ham sıvı yağların %0.1-0.3 düzeyinde toplam *trans* yağ asiti içerebileceği rapor edilmiştir. Ham mısır, soya ve kolza yağlarında %0.05-0.1, ham ayçiçeği yağlarında ise *trans* yağ asiti miktarının %0.06'a ulaştığı ifade edilmektedir (Taşan ve ark., 2005).

Literatürde (Ovesen ve ark., 1998; Romero ve ark., 2000) de bahsedildiği gibi kızartma süresince *trans* oluşumunun hızlandığı, özellikle antioksidanlarla katkılanmış deneme gruplarındaki oluşumun kontrolden daha yavaş cereyen ettiği ve saflaştırılmış oryzanolün başarı sağladığı ortaya konulmuştur. Esansiyel yağ asitleri grubunda yer alan EPA (C22:5) ve DHA (C22:6) kızartma bitiminde tüm deneme gruplarında tespit edilebilmiştir. Eikosanoik (C20:1) ve Eikosatrienoik asit (C20:3) düzeyleri üzerine antioksidanlarla katkılamanın kontrolden çok da farklı sonuçlar vermediği tespit edilmiştir.

Fitosteroller olarak da bilinen bitkisel steroller triterpen bileşikler olup, bitkisel yağların minör bileşenlerini oluşturmaktadır. Fitosteroller havaya özellikle de yüksek sıcaklıklarda ısıya maruz kaldıklarında okside olarak biyolojik aktivitelerini kaybetmektedirler. Yan zincirinde etiliden grubu içeren fitosterollerin kızartma koşullarında polimerizasyonu geciktirme yeteneğinde oldukları, aynı zamanda kızartma koşullarında okside olarak oksisterol bileşiklerin artışına da yol açabildikleri rapor edilmiştir (Boskou, 1998; Oehrl ve ark., 2001; Lampi ve ark., 2002; Soupas ve ark., 2007)

Soupas ve ark. (2007) tarafından farklı kızartma koşulları altında fitosterol bileşiklerinin oksidatif stabilitesi değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, kızartma süresince sitostanol düzeyinde % 0.1, sitosterol düzeyinde ise % 5.1 düzeyinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, stanollerin sterollerden daha stabil olduğunun bir kanıtıdır.

Oehrl ve ark. (2001), üç farklı sıcaklık değerinde (100, 150 ve 180°C) 20h süresince ısıtma işlemine tabi tutulan kanola yağında sıcaklık arttıkça sterol kaybında arttığı (100°C de kampesterol için kayıp % 32, β-sitosterol için kayıp % 33 iken, 150°C de kampesterol için kayıp % 94, β-sitosterol için kayıp % 95), buna rağmen 180°C de ki kaybın 150°C ye kıyasla daha düşük olduğu rapor edilmiştir.

Yılmaz ve Aydeniz (2011), stanol esterleri karışımı ile katkılamanın kızartma prosesi üzerine etkisini incelemek amacıyla, kanola yağına ağırlıkça dört farklı oranda (%5, 10, 15, 20) stanol karışımı ilave ederek 5 gün boyunca 180°C de kızartma işlemine tabi tutmuşlardır. Kızartma süresince ve bitiminde yapılan fiziko-kimyasal analizler sonucunda %5 düzeyinde katkılamanın yağ stabilitesi ve kızartılmış hamurların duyuşsal özellikleri bakımından olumlu sonuçlar verdiği, katkılama düzeyindeki oransal artışın serbest asitlik, konjuge dien, bulanıklık ve toplam polar materyal düzeyinde yükselmeye yol açtığı tespit

edilmiştir. Buna ilaveten kızartılan hamurlardan ekstrakte edilen yağda yapılan sterol kompozisyonu tayini, sterollerin kızartma esnasında yağdan gıdaya geçebileceğini ve besinsel özelliklerini etkileyebileceğini göstermiştir. “Codex Standard For Named Vegetable Oil” (2001)’e göre yerfıstığı yağının 900-2900 mg/kg düzeyinde toplam sterol içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir. Bazı araştırmacılar tarafından yürütülmüş olan literatürdeki benzer çalışmalarda bu düzeyi destekler niteliktedir.

Çizelge 33’te kontrol grubu ve doğal antioksidanlarla katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yerfıstığı yağlarına (7.gün) ait sterol kompozisyon (g/100g) verileri görülmektedir. Çalışmada doğal antioksidan ekstraktlar olarak yararlanılan materyallerle katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yağlar arasında sterol kompozisyonları bakımından bir karşılaştırma yapıldığında, diğer gruplara kıyasla yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış deneme grubunun yaygın sterol bileşenleri olan kampesterol, stigmasterol ve sitosterol bakımından, likopen ekstraktı ile katkılanmış yağların ise doymuş sterol olarak bilinen sitostanol bakımından zengin olduğu gözlenmiştir. Saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış kızartma yağlarının Δ -7-avenasterol ve Δ -5,24-stigmastadienol içeriğinin daha yüksek gözlenmiştir.

Çizelge 32. Bitki ekstraktları ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yerfıstığı yağlarına (7.gün) ve taze yağa ait asiti kompozisyonu (toplam yağ asitleri yüzdesi olarak)

Yağ Asitleri	Yaygın adı	Taze Yağ	Kontrol	BHA+BHT	Yeşilçay Ekstraktı	Likopen Ekstraktı	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı	γ-Oryzanol Ekstraktı
C8:0	Kaprilik asit	ted*	0,16	0,4	0,44	0,46	0,52	0,53
C14:0	Miristik asit	ted	ted	ted	ted	ted	ted	ted
C14:1	Miristoleik asit	ted	ted	ted	ted	ted	ted	ted
C16:0	Palmitik asit	9,74	10,92	12,48	13,20	13,16	13,10	13,19
C16:1	Palmitoleik asit	0,08	0,08	0,09	ted	ted	ted	ted
C17:0	Margarik asit	ted	ted	ted	ted	ted	ted	ted
C17:1	Margoleik asit	ted	ted	ted	ted	ted	ted	ted
C18:0	Stearik asit	3,33	3,74	4,28	4,50	4,49	4,49	4,50
C18:1 (cis)	Oleik asit	47,94	50,29	52,98	53,54	53,59	53,5	53,49
C18:1 (tr)	Elaidik asit	0,01	0,94	0,89	0,83	0,87	0,85	0,81
C18:2 (cis)	Linoleik asit	30,76	25,69	19,39	18,15	18,17	17,85	17,57
C18:2 (tr)	Tr-linoleik asit	0,07	0,15	0,13	0,12	0,12	0,10	0,11
C18:3	α-Linolenik asit	0,28	0,23	0,19	0,11	0,1	0,08	0,17
C18:3	γ-Linolenik asit	0,09	ted	0,02	ted	ted	ted	ted
C20:0	Araşidik asit	1,54	1,69	1,86	1,82	1,83	1,83	1,83
C20:1	Eikosenoik asit	1,21	1,26	1,33	1,29	1,29	1,3	1,31
C22:0	Behenik asit	3,21	3,58	4,08	4,21	4,2	4,24	4,23
C22:1	Erusik asit	ted	ted	ted	ted	ted	ted	ted
C24:0	Lignoserik asit	ted	ted	ted	ted	ted	ted	ted
C20:3	Eikosatrienoik asit.	0,11	0,11	0,12	0,08	0,11	0,09	0,09
C20:5	Eikosapentaenoik asit	1,35	1,51	1,72	1,68	1,77	1,80	1,78
C22:6	Dokasahekzaenoik asit (DHA)	0,17	0,18	0,21	0,20	0,20	0,18	0,20

*ted: tespit edilemeyen düzey

Çizelge 33. Taze yer fıstığı yağı ve bitki ekstraktları ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yerfıstığı yağlarına (7.gün) ait sterol kompozisyonu (g/100 g)

Sterol adı	Taze Yağ	Yeşilçay Ekstraktı	Likopen Ekstraktı	Üzüm Çekirdeği Ekstraktı	Saflaştırılmış γ-Oryzanol
Brassikasterol	ted*-0,2	ted	ted	ted	ted
Kampesterol	12-19,8	2.86*10-3	2.16*10-3	1.49*10-3	2.36*10-3
Stigmasterol	5,4-13,2	1.01*10-3	6.78*10-4	4.72*10-4	7.48*10-4
β -Sitosterol	47,4-69,0	8.33*10-3	7.18*10-3	7.76*10-3	7.25*10-3
Sitostanol	-	1.83*10-4	6.69*10-4	3.80*10-4	4.59*10-4
Δ 5-avenasterol	5-18,8	ted	ted	ted	ted
Kolesterol	ted-3,8	ted	ted	ted	ted
24-metilen kolesterol	-	ted	ted	ted	ted
Δ -7-stigmastenol	ted-5.1	ted	ted	ted	ted
Δ -7-avenasterol	ted-5.5	2.72*10-4	2.26*10-4	ted	1.41*10-3
Δ -5,24-stigmastadienol	-	9.50*10-5	4.95*10-5	9.3*10-4	1.75*10-3
Δ -5,23-stigmastadienol	-	ted	ted	ted	ted

*ted: tespit edilemeyen düzey

4.2. Kızartma Yağlarında Ölçülen Parametrelerin Korelasyonları

Bu araştırmada kızartma yağlarından alınan örneklerde 3 farklı fiziksel ve 5 farklı kimyasal özellik analiz edilmiş, ayrıca hamurların absorbe ettiği yağ miktarları da belirlenmiştir. Kimyasal özelliklerden toplam polar madde iki ayrı teknikle (prob ve kolon kromatografisi) ölçülmüştür. Ölçülen 3 fiziksel, 5 kimyasal özellik ve absorbe edilen yağ miktarları arasındaki korelasyon, kontrol ve sentetik ve doğal antioksidanlarla (yeşilçay ekstraktı, likopen ekstraktı, üzüm çekirdeği ekstraktı, saflaştırılmış γ -oryzanol ekstraktı) katkılanmış deneme grupları için ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Çizelge 34-39' da kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait örneklerde ölçülen analizlere ait korelasyon verileri bulunmaktadır.

Kızartma yağlarında önemli bozulma indikatörleri olan serbest asitlik, konjuge dienoik asit ve toplam polar madde miktarlarının tüm deneme gruplarında istatistiksel olarak önemli pozitif korelasyonlar sergilediği gözlenmiştir. Tebliğ'e (TGK, 2007) göre diğer bir önemli kriter olan dumanlanma noktasının sentetik antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağları dışında serbest asitlik, toplam polar madde, konjuge dien, bulanıklık ve viskozite gibi değeri kızartma süresince artan parametrelerle negatif korelasyon içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum şunu göstermektedir ki, yağda kızartma sürecinde oluşan bozunmalar yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile pozitif, dumanlanma noktası ile de negatif bir korelasyon içerisinde. Dumanlanma noktasının pozitif korelasyon gösterdiği tek parametre ise hamurların absorbe ettiği yağ miktarı olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, yağda bozunma ürünleri biriktikçe, dumanlanma kolaylaşmaktadır. Benzer şekilde yağda çoğunluğu polar olan bozunma ürünleri arttıkça yağın kızartılan gıdayla teması artmakta ve gıdanın yağ emilimi dolayısıyla artmaktadır (Blumenthal, 1991; Choe ve Min, 2007).

Kızartma yağlarının kalitelerinin değerlendirilmesinde iki önemli fiziksel unsur olan bulanıklık ve viskozite değerlerinin tüm deneme gruplarında önemli istatistiksel korelasyonlar sergilediği gözlenmiştir. Fiziksel özellikler olan bulanıklık ve viskozite ise kendi aralarında pozitif korelasyon göstermiştir. Yağda biriken bozunma ürünleriyle (polar maddeler, oksidasyon ürünleri, dimerler ve polimerler) yağın viskozitesinin yükseldiği daha önce rapor edilmiştir (Paul ve Mittal, 1997). Bu iki parametre ayrıca serbest asitlik, toplam polar madde ve konjuge dienoik asit gibi parametreler ile pozitif korelasyon göstermiş olmasına rağmen dumanlanma noktası ve hamurların absorbe ettiği yağ miktarı ile negatif

korelasyon göstermiştir. Burada belirlenen korelasyonlar laboratuvarımızda daha önce yapılmış çalışmalarla ve yayınlanmış literatürle uyumlu bulunmuştur (Dülger, 2011; Bulut, 2009).

Sentetik ve doğal antioksidanların yerfıstığı yağına katılanması sonucunda yağın kızartma ömrü üzerine olan etkilerinin çeşitli analitik tekniklerle incelendiği bu çalışmada, toplam fenolik madde içeriği ile tespit edilen antioksidan kapasite değerinin tüm deneme gruplarında önemli istatistiksel korelasyonlar verdiği tespit edilmiştir. Bir diğer göze çarpan önemli husus da, fenolik içeriği ve toplam antioksidan kapasite değerlerinin dumanlanma noktası ile göstermiş olduğu pozitif korelasyonlardır.

Çizelge 34. Kontrol kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Toplam Polar Madde-Kolon (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	Fenolik Madde (mgGA/g)	Antioksidan Kapasite (TE/g)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,836* ,000**	,896 ,000	,928 ,000	,889 ,000	,857 ,000	-,776 ,001	-,473 ,087	-,909 ,000	-,861 ,006
Toplam Polar Madde-Kolon (%)	,836 ,000	1	,915 ,000	,945 ,000	,910 ,000	,883 ,000	-,930 ,000	-,587 ,027	-,874 ,000	-,882 ,000
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,896 ,000	,915 ,000	1	,941 ,000	,877 ,000	,945 ,000	-,875 ,000	-,616 ,000	-,871 ,000	-,969 ,000
Konjuge Dienoik Asit (%)	,928 ,000	,945 ,000	,941 ,000	1	,899 ,000	,948 ,000	-,860 ,000	-,524 ,054	-,903 ,000	-,976 ,000
Bulanıklık (NTU)	,889 ,000	,910 ,000	,877 ,000	,899 ,000	1	,812 ,000	-,934 ,000	-,625 ,017	-,927 ,000	-,860 ,001
Viskozite (cP, 25°C)	,857 ,000	,883 ,000	,945 ,000	,948 ,000	,812 ,000	1	-,813 ,000	-,521 ,056	-,736 ,003	-,830 ,003
Dumanlanma Noktası (°C)	-,776 ,001	-,930 ,000	-,875 ,000	-,860 ,000	-,934 ,000	-,813 ,000	1	,538 ,047	,887 ,000	,761 ,011
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,473 ,087	-,587 ,027	-,616 ,000	-,524 ,054	-,625 ,017	-,521 ,056	,538 ,047	1	,628 ,029	,673 ,067
Fenolik Madde (mgGA/g)	-,909 ,000	-,874 ,000	-,871 ,000	-,903 ,000	-,927 ,000	-,736 ,003	,887 ,000	,628 ,029	1	,972 ,000
Antioksidan Kapasite (TE/g)	-,861 ,006	-,882 ,000	-,969 ,000	-,976 ,000	-,860 ,001	-,830 ,003	,761 ,011	,673 ,067	,972 ,000	1

*Korelasyon katsayısı

** p-değeri

Çizelge 35. Sentetik antioksidanlar (BHA+BHT) ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Toplam Polar Madde-Kolon (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	Fenolik Madde (mgGA/g)	Antioksidan Kapasite (TE/g)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,912 ,000	,923 ,000	,913 ,000	,833 ,000	,915 ,000	-,768 ,001	-,362 ,000	-,726 ,007	-,726 ,017
Toplam Polar Madde-Kolon (%)	,912 ,000	1	,967 ,000	,882 ,000	,950 ,000	,939 ,000	-,907 ,000	-,565 ,035	-,856 ,000	-,913 ,000
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,923 ,000	,967 ,000	1	,913 ,000	,944 ,000	,913 ,000	-,848 ,000	-,397 ,036	-,785 ,002	-,911 ,000
Konjuge Dienoik Asit (%)	,913 ,000	,882 ,000	,913 ,000	1	,915 ,000	,950 ,000	-,774 ,000	-,330 ,229	-,762 ,002	-,828 ,001
Bulanıklık (NTU)	,833 ,000	,950 ,000	,944 ,000	,915 ,000	1	,854 ,000	,850 ,000	-,330 ,086	-,775 ,001	-,845 ,001
Viskozite (cP, 25°C)	,915 ,000	,939 ,000	,913 ,000	,950 ,000	,854 ,000	1	-,803 ,000	-,331 ,085	-,727 ,003	-,839 ,001
Dumanlanma Noktası (°C)	-,768 ,001	-,907 ,000	-,848 ,000	-,774 ,000	,850 ,000	-,803 ,000	1	,399 ,157	,826 ,000	,916 ,000
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,362 ,000	-,565 ,035	-,397 ,036	-,330 ,229	-,330 ,086	-,331 ,085	,399 ,157	1	,297 ,349	,424 ,222
Fenolik Madde (mgGA/g)	-,726 ,007	-,856 ,000	-,785 ,002	-,762 ,002	-,775 ,001	-,727 ,003	,826 ,000	,297 ,349	1	,868 ,000
Antioksidan Kapasite (TE/g)	-,726 ,017	-,913 ,000	-,911 ,000	-,828 ,001	-,845 ,001	-,839 ,001	,916 ,000	,424 ,222	,868 ,000	1

Çizelge 36. Yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Toplam Polar Madde-Kolon (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	Fenolik Madde (mgGA/g)	Antioksidan Kapasite (TE/g)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,933 ,000	,936 ,000	,949 ,000	,936 ,000	,885 ,000	-,839 ,000	-,541 ,004	-,821 ,000	-,780 ,001
Toplam Polar Madde-Kolon (%)	,933 ,000	1	,968 ,000	,926 ,000	,947 ,000	,909 ,000	-,947 ,000	-,267 ,356	-,810 ,000	-,799 ,000
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,936 ,000	,968 ,000	1	,947 ,000	,974 ,000	,864 ,000	-,904 ,000	-,443 ,024	-,855 ,000	-,814 ,000
Konjuge Dienoik Asit (%)	,949 ,000	,926 ,000	,947 ,000	1	,965 ,000	,921 ,000	-,877 ,000	-,288 ,318	-,813 ,000	759 ,001
Bulanıklık (NTU)	,936 ,000	,947 ,000	,974 ,000	,965 ,000	1	,864 ,000	-,889 ,000	-,446 ,023	-,795 ,000	-,778 ,000
Viskozite (cP, 25°C)	,885 ,000	,909 ,000	,864 ,000	,921 ,000	,864 ,000	1	-,812 ,000	-,392 ,048	-,693 ,003	-,638 ,008
Dumanlanma Noktası (°C)	-,839 ,000	-,947 ,000	-,904 ,000	-,877 ,000	-,889 ,000	-,812 ,000	1	200 ,494	,903 ,000	,891 ,000
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,541 ,004	-,267 ,356	-,443 ,024	-,288 ,318	-,446 ,023	-,392 ,048	,200 ,494	1	,168 ,566	,234 ,421
Fenolik Madde (mgGA/g)	-,821 ,000	-,810 ,000	-,855 ,000	-,813 ,000	-,795 ,000	-,693 ,003	,903 ,000	,168 ,566	1	,899 ,000
Antioksidan Kapasite (TE/g)	-,780 ,001	-,799 ,000	-,814 ,000	759 ,001	-,778 ,000	-,638 ,008	,891 ,000	,234 ,421	,899 ,000	1

Çizelge 37. Likopen ekstraktı ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Toplam Polar Madde-Kolon (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	Fenolik Madde (mgGA/g)	Antioksidan Kapasite (TE/g)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,849 ,000	,944 ,000	,414 ,142	,894 ,000	,922 ,000	-,834 ,000	-,412 ,029	-,762 ,002	-,748 ,000
Toplam Polar Madde-Kolon (%)	,849 ,000	1	,908 ,000	,431 ,096	,895 ,000	,822 ,000	-,899 ,000	-,767 ,001	-,820 ,000	-,877 ,000
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,944 ,000	,908 ,000	1	,578 ,031	,940 ,000	,959 ,000	-,816 ,000	-,577 ,001	-,725 ,003	-,725 ,003
Konjuge Dienoik Asit (%)	,414 ,142	,431 ,096	,578 ,031	1	,550 ,027	,621 ,010	-,246 ,359	-,604 ,022	-,109 ,689	-,321 ,225
Bulanıklık (NTU)	,894 ,000	,895 ,000	,940 ,000	,550 ,027	1	,946 ,000	-,842 ,000	-,451 ,016	-,788 ,000	-,775 ,000
Viskozite (cP, 25°C)	,922 ,000	,822 ,000	,959 ,000	,621 ,010	,946 ,000	1	-,731 ,001	-,419 ,027	-,693 ,003	-,655 ,006
Dumanlanma Noktası (°C)	-,834 ,000	-,899 ,000	-,816 ,000	-,246 ,359	-,842 ,000	-,731 ,001	1	,536 ,048	,862 ,000	,907 ,000
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,412 ,029	-,767 ,001	-,577 ,001	-,604 ,022	-,451 ,016	-,419 ,027	,536 ,048	1	,421 ,134	,500 ,069
Fenolik Madde (mgGA/g)	-,762 ,002	-,820 ,000	-,725 ,003	-,109 ,689	-,788 ,000	-,693 ,003	,862 ,000	,421 ,134	1	,889 ,000
Antioksidan Kapasite (TE/g)	-,748 ,000	-,877 ,000	-,725 ,003	-,321 ,225	-,775 ,000	-,655 ,006	,907 ,000	,500 ,069	,889 ,000	1

Çizelge 38. Üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Toplam Polar Madde-Kolon (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	Fenolik Madde (mgGA/g)	Antioksidan Kapasite (TE/g)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,868 ,000	,946 ,000	,843 ,000	,818 ,000	,929 ,000	-,756 ,002	-,276 ,155	-,847 ,000	-,768 ,001
Toplam Polar Madde-Kolon (%)	,868 ,000	1	,916 ,000	,768 ,000	,868 ,000	,895 ,000	-,826 ,000	-,592 ,026	-,782 ,000	-,722 ,002
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,946 ,000	,916 ,000	1	,864 ,000	,943 ,000	,933 ,000	-,837 ,000	-,439 ,019	-,836 ,000	-,842 ,000
Konjuge Dienoik Asit (%)	,843 ,000	,768 ,000	,864 ,000	1	,870 ,000	,837 ,000	-,914 ,000	-,423 ,132	-,865 ,000	-,740 ,001
Bulanıklık (NTU)	,818 ,000	,868 ,000	,943 ,000	,870 ,000	1	,924 ,000	-,787 ,000	-,406 ,032	-,749 ,001	-,617 ,011
Viskozite (cP, 25°C)	,929 ,000	,895 ,000	,933 ,000	,837 ,000	,924 ,000	1	-,736 ,001	-,450 ,016	-,738 ,001	-,578 ,020
Dumanlanma Noktası (°C)	-,756 ,002	-,826 ,000	-,837 ,000	-,914 ,000	-,787 ,000	-,736 ,001	1	,654 ,011	,904 ,000	,880 ,000
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,276 ,155	-,592 ,026	-,439 ,019	-,423 ,132	-,406 ,032	-,450 ,016	,654 ,011	1	,407 ,148	,553 ,040
Fenolik Madde (mgGA/g)	-,847 ,000	-,782 ,000	-,836 ,000	-,865 ,000	-,749 ,001	-,738 ,001	,904 ,000	,407 ,148	1	,836 ,000
Antioksidan Kapasite (TE/g)	-,768 ,001	-,722 ,002	-,842 ,000	-,740 ,001	-,617 ,011	-,578 ,020	,880 ,000	,553 ,040	,836 ,000	1

Çizelge 39. Safılaştırılmış oryanoil ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu

	Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	Toplam Polar Madde-Kolon (%)	Toplam Polar Madde-Prob (%)	Konjuge Dienoik Asit (%)	Bulanıklık (NTU)	Viskozite (cP, 25°C)	Dumanlanma Noktası (°C)	Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	Fenolik Madde (mgGA/g)	Antioksidan Kapasite (TE/g)
Serbest Asitlik (% Oleik Asit)	1	,894 ,000	,887 ,000	,844 ,000	,782 ,000	,899 ,000	-,784 ,001	-,599 ,001	-,883 ,000	-,698 ,006
Toplam Polar Madde-Kolon (%)	,894 ,000	1	,971 ,000	,928 ,000	,945 ,000	,917 ,000	-,917 ,000	-,751 ,002	-,955 ,000	-,789 ,000
Toplam Polar Madde-Prob (%)	,887 ,000	,971 ,000	1	,885 ,000	,946 ,000	,944 ,000	-,889 ,000	-,781 ,000	-,937 ,000	-,720 ,004
Konjuge Dienoik Asit (%)	,844 ,000	,928 ,000	,885 ,000	1	,895 ,000	,875 ,000	-,836 ,000	-,732 ,003	-,911 ,000	-,793 ,000
Bulanıklık (NTU)	,782 ,000	,945 ,000	,946 ,000	,895 ,000	1	,854 ,000	-,846 ,000	-,826 ,000	-,926 ,000	-,785 ,000
Viskozite (cP, 25°C)	,899 ,000	,917 ,000	,944 ,000	,875 ,000	,854 ,000	1	-,758 ,001	-,689 ,001	-,888 ,000	-,605 ,013
Dumanlanma Noktası (°C)	-,784 ,001	-,917 ,000	-,889 ,000	-,836 ,000	-,846 ,000	-,758 ,001	1	,695 ,006	,876 ,000	,846 ,000
Absorbe Edilen Yağ Miktarı (%)	-,599 ,001	-,751 ,002	-,781 ,000	-,732 ,003	-,826 ,000	-,689 ,001	,695 ,006	1	,784 ,001	,569 ,034
Fenolik Madde (mgGA/g)	-,883 ,000	-,955 ,000	-,937 ,000	-,911 ,000	-,926 ,000	-,888 ,000	,876 ,000	,784 ,001	1	,818 ,000
Antioksidan Kapasite (TE/g)	-,698 ,006	-,789 ,000	-,720 ,004	-,793 ,000	-,785 ,000	-,605 ,013	,846 ,000	,569 ,034	,818 ,000	1

BÖLÜM 5**SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Yapılan tüm fiziko-kimyasal ve enstrümental analizler sonucunda, doğal ve sentetik antioksidanlarla katkılamının 7 günlük kızartma süresince yağ yıkımını geciktirdiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda, doğal antioksidanlarla katkılanmış yağlarda kızartılan hamurların duyusal olarak da yüksek skorlara sahip olduğu ve ürünlerin kabul edilebilirliğinin arttığı da görülmüştür.

Çalışmanın başlangıcında yarfıstığı yağına katılacak olan doğal antioksidanların miktarı hesaplanırken, her bir bitkisel ekstraktın sentetik antioksidan karışımında ölçülecek olan toplam antioksidan kapasite (TEAC) içeriğine eşdeğer antioksidan etki gösteren miktarı esas alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle hazırlanan sentetik antioksidan karışımının (1:1) antioksidan aktivitesi ölçülmüş ve antioksidan aktivite değerlerinin en yüksekte en düşüğe doğru doğru şöyle sıralandığı belirlenmiştir; üzüm çekirdeği ekstraktı> yeşilçay ekstraktı> sentetik antioksidan karışımı > likopen ekstraktı>γ-oryzanol ekstraktı. Kızartma ortamı olarak yararlanılan rafine yarfıstığı yağında ısıl muameleye başlamadan önce bazı fiziksel ve kimyasal nitelikler analiz edilmiştir. Taze yarfıstığı yağının serbest asitliğinin % 0,09; konjuge dien içeriğinin % 0,01; toplam polar madde içeriğinin % 11,06; viskozitesinin 74,89 cP, bulanıklık değerinin 4,00 NTU, dumanlanma noktasının 233,5 °C, toplam fenolik içeriğinin 1,35 mg GA/100gyağ, antioksidan kapasite değerinin ise 3,19 mMol Trolox/100g yağ olduğu tespit edilmiştir. Değerlendirilen tüm bu fizikokimyasal nitelikler sonucunda rafine yer fıstığı yağının ideal bir kızartma ortamı olabileceği belirlenmiştir.

Yedi günlük kızartma sürecinde yapılan tüm analizler sonucunda, yarfıstığı yağının sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmasının olumlu sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Antioksidanlar özellikle de doğal antioksidanlarla katkılanmış yağlarda hidrolizin daha yavaş cereyan ettiği ve kontrol grubu hariç tüm diğer katkılanmış yağlarda serbest asitlik değerinin kızartma bitiminde %2 nin altında kaldığı gözlenmiştir. Serbest yağ asitliği ve konjuge dienoik asit içeriği gibi yağın termal stabilitesinin değerlendirilmesinde önemli olan kriterler bakımından likopen ve yeşilçay ekstraktları başarılı bulunmuştur. Toplam polar madde içeriği, beklenildiği üzere kızartma süresince artış göstermiştir. Kolon kromatografisi ile yapılan ölçümlerde yeşilçay ekstraktı ve

saflaştırılmış γ -oryzanol ile katkılanmış kızartma yağlarının 3. gün sonunda yasal limiti aşmadığı görülmektedir. Buradan da yağın tanımlanan koşullar altında yaklaşık 15-20 saat kızartma ömrüne sahip olduğunu ortaya çıkmaktadır.

Analiz edilen fizikokimyasal özelliklerin neredeyse tamamıyla negatif korelasyonlar sergileyen dumanlanma noktası, tüm deneme gruplarında kızartma süresinin uzunluğu ile beraber azalma göstermiş ve 7. gün sonunda kontrol grubunda kritik değerin (170°C) altına düşmüştür. Dumanlanma noktası bakımından en iyi sonuçlar γ -oryzanol ekstraktı ile katkılanmış yağlarda ölçülmüş ve 35 h ısıl muamele neticesinde dahi limit değerinin üstünde kaldığı tespit edilmiştir.

Bir gıda maddesinde bulunan fenolik bileşiklerin miktarı, ürünün antioksidan kapasitesini belirleyen unsurların başında gelmektedir. Yerfıstığı yağının doğal antioksidanlar olarak adlandırılan bazı bitkisel materyaller ile katkılanmasının, yağın toplam fenol içeriğini önemli derecede arttırdığı, özellikle yeşilçay ekstraktının kızartma başlangıcında göze çarpan bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kontrol ve sentetik antioksidanlarla katkılanmış deneme gruplarında 6. günden sonra fenol içeriği tespit edilememesine rağmen, saflaştırılmış γ -oryzanol ilave edilmiş yağlarda diğer grupların içerdiği değerin neredeyse 2 katı kadar toplam fenol içeriği ölçülmüştür.

Benzer şekilde antioksidan kapasite değeri de doğal antioksidanlarla katkılanmış yağlarda kontrole kıyasla belirgin ölçüde yüksek bulunmuş ve 7. gün sonunda dahi analiz edilebilmiştir. Yağın antioksidan kapasitesinin korunması bakımında saflaştırılmış γ -oryzanol'ün oldukça başarı sağladığı gözlenmiştir.

Kızartma yağlarında önemli bozulma indikatörleri olan serbest asitlik, konjuge dienoik asit ve toplam polar madde miktarlarının tüm deneme gruplarında istatistiksel olarak önemli pozitif korelasyonlar sergilediği gözlenmiştir. Dumanlanma noktasının ise sentetik antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağları dışında serbest asitlik, toplam polar madde, konjuge dien, bulanıklık ve viskozite gibi değeri kızartma süresince artan parametrelerle negatif korelasyon içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum şunu göstermektedir ki, yağda kızartma sürecinde oluşan bozunmalar yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile pozitif, dumanlanma noktası ile de negatif bir korelasyon içerisindedir. Dumanlanma noktasının pozitif korelasyon gösterdiği tek parametre ise hamurların absorbe ettiği yağ miktarı olarak belirlenmiştir.

Sentetik ve doğal antioksidanların yerfıstığı yağına katkılanması sonucunda yağın kızartma ömrü üzerine olan etkilerinin çeşitli analitik tekniklerle incelendiği bu çalışmada, toplam fenolik madde içeriği ile tespit edilen antioksidan kapasite değerinin tüm deneme

gruplarında önemli istatistiksel korelasyonlar verdiği tespit edilmiştir. Bir diğer göze çarpan önemli husus da, fenolik içeriği ve toplam antioksidan kapasite değerlerinin dumanlanma noktası ile göstermiş olduğu pozitif korelasyonlardır.

Hamurlarda ölçülen duyuşal değerdendirmeler, doğal antioksidan ekstraktlarıyla kızartma yağının katkılanmasının üründe hiçbir olumsuz duyuşal etki oluşturmadığı, tam tersine çoğu duyuşal değerdelerde artış olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla bu tarz katkılamanın ürün yeme kalitesine de olumlu etkiler yapacağı anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, kimyasal olarak farklı sınıflardan oluşan doğal antioksidanların kızartma yağlarında denendiği bu çalışmada özellikle γ -Orizanol'un fenolik içeriği ve antioksidan kapasitenin korunması bakımından üstün nitelikte olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu maddenin GRAS özellikte olması da kullanımı açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Kızartma yağlarının bu doğal antioksidan ile güvenli bir şekilde zenginleştirilmesi önerilebilir. Benzer şekilde yeşilçay fenoliklerinde özellikle serbest yağ asitliği ve konjuge dienoik asit özelliklerinin korunmasında etken olduğu ve kullanılabilceği sonucu çıkarılabilir.

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. 1997. International trade standards applying to olive and olive-pomace oils. Ch 7-94, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*. Chicago, ABD
- AOCS 1998a. 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.
- 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 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 1998d. 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.
- Ghazali H.M., Abdulkarim S.M., Long K., Lai O.M. ve Muhammad S.K.S., 2007. Frying Quality and Stability of High-oleic Moringa Oleifera Seed Oil in Comparison with Other Vegetable Oils. *Food Chem*, 105:1382–1389.
- 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.
- Anonim1, 2011. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Türkiye İstatistikleri, 21 Aralık 2011, <http://www.bysd.org.tr/Istatistikler.aspx>.
- Anonim2, 2011. World Statistics - Vegetable Oil Consumption, 11 Nisan 2011, <http://www.soystats.com/2011/Default-frames.htm>.
- Anonim3, 2011. Chemistry of BHA and BHT Food Preservatives, 15 Aralık 2011, <http://chemistry.about.com/od/foodcookingchemistry/a/bha-bht-preservatives.htm>.
- Anonim4, 2011. BHT Bütil Hidroksi Toluen, 15 Aralık 2011, <http://www.yilmazkimya.com.tr/index.php/urunler/detay/id/15/bht-butil-hidroksi-toluen>.

- Anonim5, 2011. (Mr. Houmu, kişisel iletişim, Oryza Oil & Fat Chemical Co.Ltd. 10 Ocak 2011).
- Andrikopoulos N.K., Salta F.N., Mylona A., Chiou A. ve Boskou G. 2007a. Oxidative Stability of Edible Vegetable Oils Enriched in Polyphenols with Olive Leaf Extract. *Food Sci Tech Int*, 13(6):413–421.
- Andrikopoulos N.K., Salta F.N., Mylona A., Kalogeropoulos N., Chiou, A. ve Ntalla I. 2007b. Retention and Distribution of Polyphenols after Pan-Frying of French Fries in Oils Enriched with Olive Leaf Extract. *Journal of Food Science*, 72:574-584.
- Artz W.E., Osidacz P.C. ve Coscione A.R., 2005a. Acceleration of the Thermo-oxidation 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.
- Aydeniz B. ve Yılmaz E., 2011. Enrichment of Some Plant Phenolic Extracts into Frying Oil to Extend Use Life. *Eur. J. Lipid Sci. Technology*, (baskıda)
- 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.
- 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.
- Boskou D., 1998. Frying Temperatures and Minor Constituents of Oils and Fats. *Grasas y Aceites*, 49(3-4), 326-330.
- Bulut E., 2009. Kızartma Yağlarına Uygulanan Yeni Adsorben Karışımının Etkenliğinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Cabrera C., Artacho R. ve Gimenez R., 2006. Beneficial Effects of Green Tea—A Review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25 (2): 79–99.

- Chang C.H., Lin H.Y., Chang C.Y. ve Liu Y.C., 2005. Comparisons on the Antioxidant Properties of Fresh, Freeze-dried and Hot-air-dried Tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77; 478–485
- 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.
- Chen Z.Y. and Chan P.T. 1996. Antioxidative Activity of Green Tea Catechins in Canola Oil. *Chemistry and Physics of Lipids*, 82(2):163-172.
- 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., 2007. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. *Journal of Food Science*, 72(5): 77-84.
- Chotimarkorn C., Benjakul S. ve Silalai N., 2008. Antioxidative Effects of Rice Bran Extracts on Refined Tuna Oil During Storage. *Food Research International*, 41: 616–622.
- Chu Y.H. ve Hsu H.F., 1998. Effects of antioxidants on peanut oil stability. *Food Chemistry*, 66: 29-34
- 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.
- 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.

- Dülger A., 2011. Modifiye Edilmiş Zeolitlerin Kızartma Yağı Adsorbantı Olarak Kullanılabilir Potansiyellerinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Farag R.S., Basuny A. M. M., Arafat S. M. ve Arafa S. A., 2009. Use of Some Agricultural Waste Hull Ashes for the Regeneration of Fried Sunflower Oil. *International Journal of Food Science and Technology*, 2009, 44, 1850-1856.
- 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, Newapproaches*. NewYork: VCH Publishers. 52-81.
- Fritsch C.W., 1981. Measurements of Frying Fat Deterioration: A Brief Review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58: 272-274.
- Gertz C., Klostermann S. ve Kochhar S.P., 2000. Testing and Comparing Oxidative Stability of Vegetable Oils and Fats at Frying Temperature. *Eur. J. Lipid Sci. Technology*, 102: 543-551.
- 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.
- Gupta M.K., 2005. Frying Oils. In: Shahidi, F. Ed. *Bailey's Industrial Oil And Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Products and Applications* (6th ed., Vol. 4.) Wiley Interscience Publication, 1-31.
- Gür E., 2006. Antioksidanlar. In: Altuğ, T. Ed. *Gıda Katkı Maddeleri* (2nd ed.). Sidas Medya, 17-38.
- 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.
- Jaswir I., Che-Man Y.B . ve Kitts D.D., 2000. Use Of Natural Antioxidants in Refined Palm Olein During Repeated Deep-Fat Frying. *Food Research International*, 33:501-508.
- Joshi S.S., Kuszynski C.A., Bagchi M. ve Bagchi D., 2000. Chemopreventive Effects of Grape Seed Proanthocyanidins Extract on Chang Liver Cells” *Toxicology*, 155: 83-90.

- Juliano C., Cossu, M., Alamanni, MC. ve Piu, L., 2005. Antioxidant Activity of Gamma-Oryzanol: Mechanism of Action and its Effect on Oxidative Stability of Pharmaceutical Oils. *International Journal of Pharmaceutics*, 299: 146–154.
- Kayahan M., 2002. *Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri*. Ankara–2002. 227-246.
- Kayahan M., 2003. *Yağ Kimyası*. ODTÜ Yayıncılık, Ankara (40-44 sy)-(150-153 sy).
- Keskinler B., 2008. *Atık Bitkisel Yağların Çevresel Etkileri*.
- 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.
- Konar N., 2008. Domates Karotenoidlerinden Likopenin Doğal Renklendirici ve Antioksidan Olarak Fonksiyonel Gıda Üretiminde Kullanımı (Yüksel Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lampi A.M., Juntunen L., Toivo J. ve Piironen V., 2002. Determination of thermo-oxidation products of plant sterols. *Journal of Chromatography B.*, 777, 83–92.
- 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.
- 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.
- Lerma-García M.J., Herrero-Martínez J.M., Simó-Alfonso E.M., Mendonça C.R.B. ve Ramis-Ramos G., 2009. Composition, Industrial Processing and Applications of Ricebran γ -oryzanol, *Food Chemistry*, 115: 389–404.
- Levy J., Bosin E., Feldman B., Giat Y., Miinster A., , Danilenko M. ve Sharoni Y., 1995. Lycopene is a More Potent Inhibitor Of Human Cancer Cell Proliferation Than Either α -Carotene or β -Carotene. *Nutrition and Cancer*, 24(3):257-266.
- 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.
- Meilgaard M.C., Civille G.V. ve Carr B.T., 1991. *Sensory evaluation techniques*. (2nd ed.), CRC Press, Boca Raton, FL.
- Mezouari S., Eichner K., Kochh S.P., Brühl L. ve Schwarza K., 2006. Effect of the full refining process on rice bran oil composition and its heat stability. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 108: 193–199.

- Minitab 16.1.1 2010. Statistical Software 2010. Minitab, Inc., State College, Pennsylvania, 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 p.
- 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.
- Navar W.W., 2000. Food Chemistry. In: Fennema O.R. Ed. *Lipids*, (3rd ed), Marcel Dekker, New York (2000), pp. 225–319.
- NCSS 2007/GESS 2006; Hintze, J. (2006). NCSS, PASS and GESS. NCSS, Kaysville, Utah.
- O'Brien R., 2004a. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*, (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida. 616 p.
- O'Brien R., 2004b. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*, (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida. 34-37.
- Oehrl L.L., Hansen A.P., Rohrer C.A., Fenner G.P. ve Boyd L.C., 2001. Oxidation of Phytosterols in a Test Food System. *J Am Oil Chem Soc.*, 78 (11), 1073-1078.
- Önal B. ve Ergin G., 2002. Antioxidative Effects of α -Tocopherol and Ascorbyl Palmitate on Thermal Oxidation of Canola Oil. *Nahrung/Food*, 46(6): 420 – 426.
- Ovesen L., Letha T. ve Hansen K., 1998. Fatty Acid Composition and Contents of trans Monounsaturated Fatty Acids in Frying Fats, and in Margarines and Shortenings Marketed in Denmark. *JAOCs*, 75(9): 1079-1083.
- 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.
- Payan A., 2007. Üzüm Meyvesi ve Çekirdeğinden Antioksidan Eldesi (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- 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.

- Peschel W., Sanchez-Rabaneda F., Diekmann W., Plescher A., Gartzia I., Jimenez D., Lamuela-Raventos R., Ruxaderas S. ve Codina C., 2006. An Industrial Approach in The Search of Natural Antioxidants from Vegetable and Fruit Wastes. *Food Chem.*, 97, 137-150.
- Plessis L.M., Twisk P.V., Niekerk P.J. ve Steyn M., 1981. Evaluation of Peanut and Cottonseed Oils for Deep Frying, *JAOCS*, 58: 575-578.
- Pylar E.J., 1972. General Aspects of Doughnut Production. *Baker's Digest*, 46(6): 40-44.
- Rababah T.M., Hettiarachchy N.S. ve Horax R. 2004. Total Phenolics and Antioxidant Activities of Fenugreek, Green Tea, Black Tea, Grape Seed, Ginger, Rosemary, Gotu Kola, and Ginkgo Extracts, Vitamin E, and tert-Butylhydroquinone. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 5183–5186.
- Ravi R., Prakash M. ve Bhat K.K., 2005. Sensory Odour Profiling and Physical Characteristics of Edible Oil Blends During Frying. *Food Research International* 38:59–68.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. ve Rice-Evans C., 1999. Antioxidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay, *Free Radical Biology & Medicine*, 26, 1231–1237.
- 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.
- Romero A., Cuestab C. ve Sanchez-Muniz F.J., 2000. Trans Fatty Acid Production in Deep Fat Frying of Frozen Foods with Different Oils and Frying Modalities. *Nutrition Research*, 20(4): 599-608.
- 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.
- Sanders T.H., 2002. *Groundnut (peanut) oil*. In: Gunstone, F.D. Ed. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties, and Uses*, (Chapter 3), CRC Press, Blackwell Publishing, 231-232.
- Sato T. ve Miyata G., 2000. The Nutraceutical Benefit, Part I: Green Tea. *Nutrition*, 16:315– 317.

- 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.
- Sebedio J.L., Bonpant A., Grandgirard A. ve Prevost J., 1990. Deep Fat Frying of Frozen Prefried French Fries: Influence of the Amount of Linolenic Acid in the Frying Medium. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1862-1867.
- Shahidi F. ve Zhong Y., 2005. Lipid Oxidation: Measurement Methods. In: Shahidi, F. Ed. *Bailey's Industrial Oil And Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Products and Applications* (6th ed., Vol .1.) Wiley Interscience Publication, 357-385
- Shaker E.S. 2005. Antioxidative Effect of Extracts from Red Grape Seed and Peel on Lipid Oxidation in Oils of Sunflower. *LWT* 39: 883–892.
- 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.
- Soupas L. Huikko L., Lampi A.M., Piironen V., 2007. Pan-frying may induce phytosterol oxidation. *Food Chemistry*, 101, 286–297.
- Stauffer C., 1996. *Fats and Oils: Practical Guides For the Food Industry* .Eagan Press. St. Paul, 149 p.
- 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.
- Taşan M. ve Dağlıoğlu O., 2005. Trans Yağ Asitlerinin, Yapısı, Oluşumu ve Gıdalarla Alınması, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2(1):79-88.
- TGK, 2007. Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği. Tebliğ No:2007/41. Resmi Gazete sayı: 26627, Ankara.
- Tokaç, D. 2007. Bitkisel Kaynaklı Fenolik Bileşiklerin Oksidatif DNA Hasarına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 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.
- TSE EN ISO 12228. Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar -Tek tek ve toplam sterol içeriğinin tayini - Gaz kromatografik yöntem. 1999. Ankara

- 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.
- Türkay, S., 2008. *Atık Bitkisel Yağların İnsan Sağlığına Etkileri*, 10 Ocak 2011, <http://pdfsb.com/readonline/596c68486451463958485a304448526b55513d3d-3240314>.
- 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.
- Wanasundara U.N. ve Shahidi F. 1998. Antioxidant and Pro-oxidant Activity of Green Tea Extracts in Marine Oils. *Food Chemistry*, 63 (3): 335-342.
- Velasco J., Marmesat S. ve Dobarganes M.C. 2009. Chemistry of Frying. In: Sahin, S. ve Sumnu, S.G. Ed. *Advances in Deep-Fat Frying Of Foods*, CRC Press 2009, 33-57.
- Yılmaz, Y., 2006. Novel uses of Catechins in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17: 64–71.
- Yılmaz E. ve Aydeniz B., 2011. The Quality and Stability of Frying Oils Enriched with Phytostanol Ester Mixtures. *Eur. J. Lipid Sci. Technolgy*, (değerlendirmede)
- Zhao J., Wang J., Chen Y., Agarwal R. 1999. Anti-tumor Promoting Activity of a Polyphenolic Fraction Isolated from Grape Seeds in the Mouse Skin Two-Stage Initiation-Promotion Protocol and Identification of Procyanidin B5-3'-Gallate As the Most Effective Antioxidant Constituent. *Carcinogenesis*, 20(9): 1737-1745.
- 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.

Çizelge 1. Dünyadaki bitkisel yağların tüketim miktarları.....	3
Çizelge 2. Kızartma esnasında yağda oluşan başlıca yıkım reaksiyonları.....	7
Çizelge 3. Kızartma esnasında oluşan ürünler.....	12
Çizelge 4. Taze kızartma yağı (rafine, ağartılmış, deodorize) için önerilen edilen analitik parametreler.....	14
Çizelge 5. Codex Alimentarius Komisyonu (CAC) ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (TGKY)‘ne göre gıdalarda kullanımına izin verilen antioksidanlar.....	17
Çizelge 6. Kızartma yağının farklı aşamalardaki bileşimi	19
Çizelge 7. Yerfıstığı yağı karakteristikleri	20
Çizelge 8. Yerfıstığı yağına ait yağ asitleri kompozisyonu.....	20
Çizelge 9. Yerfıstığı yağının tokoferol kompozisyonu.....	21
Çizelge 10. Farklı ülkelerde kızartma yağı kalitesi üzerinde rol oynayan unsurlar.....	23
Çizelge 11. Kızartma çalışmasında kullanılan hamurun bileşimi.....	35
Çizelge 12. Üzüm çekirdeği ekstraktının (Resvida) karakteristik özellikleri.....	36
Çizelge 13. Likopen ekstraktının (Redivivo) karakteristik özellikleri.....	37
Çizelge 14. Saflaştırılmış γ -oryzanol (Redivivo) karakteristik özellikleri.....	37
Çizelge 15. Yerfıstığı yağının katkılanmasında kullanılan sentetik ve doğal antioksidanların antioksidan kapasite (Mmol Trolox/g ekstrakt) değerleri ve yağa katımdüzeyleri	38
Çizelge 16. İşlem görmemiş yerfıstığı yağına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	48
Çizelge 17. Bitki ekstraktları ile katkılanmış kanola yağına (fresh yağ) ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler.....	50
Çizelge 18. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarının konjue dien (%) içerikleri	53
Çizelge 19. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait serbest asitlik (% Oleik asit) sonuçları.....	56
Çizelge 20. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait L değeri.....	58
Çizelge 21. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait a* değerleri.....	59

Çizelge 22. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait b* değerleri.....	60
Çizelge 23. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait viskozite ölçümü sonuçları.....	62
Çizelge 24. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait dumanlanma noktası sonuçları.....	64
Çizelge 25. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait kızartmalara ait bulanıklık ölçümü sonuçları.....	66
Çizelge 26. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait hamurların absorbe ettiği yağ miktarı.....	68
Çizelge 27. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam polar madde (%) sonuçları.....	71
Çizelge 28. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam polar madde kolon(%) sonuçları.....	72
Çizelge 29. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam fenol içeriği tablosu.....	75
Çizelge 30. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait antioksidan kapasite değerleri.....	76
Çizelge 31. Kızartılmış hamurların duyuşal özellikleri.....	77
Çizelge 32. Bitki ekstraktları ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yerfıstığı yağlarına (7.gün) ait yağ asiti kompozisyonu (toplam yağ asitleri yüzdesi olarak).....	81
Çizelge 33. Bitki ekstraktları ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yerfıstığı yağlarına (7.gün) ait sterol kompozisyonu (g/100).....	82
Çizelge 34. Kontrol kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyon.....	85
Çizelge 35. Sentetik antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu.....	86
Çizelge 36. Yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu.....	87
Çizelge 37. Likopen ekstraktı ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu.....	88
Çizelge 38. Üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış kızartma yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu.....	89
Çizelge 39. Saflaştırılmış oryzanol ile katkılanmış kızartma	

yağlarında ölçülen parametrelerin korelasyonu.....	90
--	----

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. Sığ ve derin kızartma işlemlerinde ısı ve kütle transferi.....	5
Şekil 2. Kızartma işlemi süresince yağda gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar.....	8
Şekil 3. Derin-yağda kızartma işleminde yağda görülen fiziksel ve kimyasal değişmeler.....	9
Şekil 4. Gama-oryzanol üretim prosesi işlem basamakları.....	26
Şekil 5. Bütillendirilmiş hidroksianisol'ün kimyasal yapısı.....	27
Şekil 6. Bütillendirilmiş hidroksitoluen'in kimyasal yapısı.....	28
Şekil 7. Gallik asit standart eğrisi (mg GA/absorbans).....	42
Şekil 8. Trolox standart eğrisi.....	44
Şekil 9. Tüketici testinde kullanılan hedonik skala	46
Şekil 10. Kızartılmış hamurlarda gerçekleştirilen tüketici anket sonuçları (%).....	77

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Buket AYDENİZ

Doğum Yeri : GİRESUN

Doğum Tarihi : 25.06.1984

EĞİTİM DURUMU

2002-2006 : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi

2007-2009 : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi

2009- : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

SCI (Science Citation Index), SSCI (Social Science Citation Index), AHCI (Arts and Humanities Citation Index) tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makaleler

1. Yılmaz E. ve Aydeniz B., 2011. Enrichment of Some Plant Phenolic Extracts into Frying Oil to Extent Use Life. *European Journal of Lipid Science and Technology* (in press).

2. Yılmaz E. ve Aydeniz B., 2011. Sensorial and Physico-Chemical Characterization of Some Green Table Olives. *British Food Journal* (in press).

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makaleler

1. Yılmaz E. ve Aydeniz B., 2011. Quantitative Assessment of Frying Oil Quality in Fast Food Restaurants. *GIDA*, 36 (3): 121-127 (in English).

2. Aydeniz B. ve Yılmaz E., 2011. Soğuk Pres Yağlarının Üretimi ve Fonksiyonel Özellikleri. *Hasad Gıda*, Temmuz-Ağustos 2011, 314 (27): 26-31.

3. Yılmaz E. ve Aydeniz B., 2011. Nano-Emülsiyonlar: Gıda Endüstrisinde Önemi ve Kullanımı. *Hasad Gıda*, Ocak,2011

Uluslararası kongre, sempozyum, panel gibi bilimsel toplantılarda sunulacak, programda yer alan tam metin olarak yayınlanan bildiri

1. Yılmaz E., Aydeniz B., Bulut E., 2010. Ev Yapımı Geleneksel Kırmızı Pancar Turşusu ve Bazı Özellikleri The 1st International Symposium On “Traditional Foods From Adriatic To Caucasus”, p 587-589, 15-17 April 2010 Tekirdağ / Turkey
2. Yılmaz E. ve Aydeniz B., . 2010. Geleneksel Şurup ve Şerbetlerimizin Fonksiyonel Gıda Potansiyelleri. The 1st International Symposium On “Traditional Foods From Adriatic To Caucasus”, p 1009-1010, 15-17 April 2010 Tekirdağ / Turkey.
3. Aydeniz B. ve Yılmaz E., 2010. Geleneksel Şerbetlerin Hazırlanmasında Kullanılan Bazı Bitkisel Materyallerin Farmakolojik Özellikleri. The 1st International Symposium On “Traditional Foods From Adriatic To Caucasus”, p 1011-10130, 15-17 April 2010 Tekirdağ / Turkey.

Uluslararası kongre, sempozyum, panel gibi bilimsel toplantılarda sunulacak, programda yer alan özet metin olarak yayınlanan bildiri ya da poster veya gösteri

1. Yılmaz E. ve Aydeniz B. The effects of enrichment with olive and hazelnut leaf, and hazelnut green leafy cover extracts on frying oils. International Food Congress-Novel Approaches in Food Industry, Congress Book, Volume 1, p 56, 26-29 May, 2011 Çeşme /Turkey.
2. Yılmaz E. ve Aydeniz B. The quality and stability of frying oils enriched with phytosterol ester mixtures. International Food Congress-Novel Approaches in Food Industry, Congress Book, Volume 2, p 195, 26-29 May, 2011 Çeşme /Turkey.
3. Yılmaz E., Oğutcu M. ve Aydeniz B. Determination of the Physico-Chemical Properties, Bitterness Value and NIR Spectra of Virgin Olive Oils Obtained from Different Sites within Different Oil Production Systems, 4th International Congress on Food and Nutrition together with 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety, Congress Book, Volume 1 , p 183,12-14th October 2011, Istanbul/Turkey.
4. Yılmaz E. ve Aydeniz B. Effects of γ -Oryzanol Extract on Frying Quality of The Peanut Oil. 4th International Congress on Food and Nutrition together with 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety, Congress Book, Volume 1 , p 61, 12-14th October 2011, Istanbul/Turkey.

İLETİŞİM BİLGİLERİ

E-posta adresi: buketaydeniz@comu.edu.tr

buketaydeniz@gmail.com

